



CARTOGRAFÍA II
GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA
 2002



Índice:

1. Generalización cartográfica	5
1.1. Introducción	5
1.2. Objetivo de la generalización	5
1.2.1. Selección de detalles	6
1.2.2. Esquemmatización de las formas	6
1.2.3. Posición del objeto	6
1.2.4. Tamaños mínimos	7
1.3. La generalización aplicada a diferentes elementos del mapa	7
1.3.1. Simplificación de líneas	13
1.3.2. Interrupción de líneas	14
1.3.3. Simplificación de la hidrografía	14
1.3.4. Simplificación de curvas de nivel	17
1.3.5. Desplazamientos	20
1.3.6. Distinción gráfica de los elementos del mapa	20
1.3.7. Posiciones relativas de los elementos de un mapa	21
1.3.8. Número decreciente de objetos	21
1.3.9. Número decreciente de calles menores	22
1.3.10. Detalles gráficos	24
1.3.11. Distancia mínima entre objetos	25
1.3.12. Proporción blanco / negro	26
1.3.13. Ejemplos de generalización práctica	27
1.3.14. Generalización de líneas de cultivo	28
1.3.15. Afloramientos rocosos	30
1.3.16. Generalización de la toponimia	31
2. Notas traducidas del libro “Cartographie Generale” de R. Cuenin	35
2.1. Generalización	35
2.2. Reglas de selección	35
2.2.1. Elementos lineales	36
2.2.2. Elementos superficiales	37
2.3. Reglas de esquematización	37
2.4. Reglas de armonización	39
3. Algoritmos de generalización	41
3.1. Introducción	41
3.2. Algoritmos de generalización de entidades lineales	41
3.2.1. Simplificación	41
3.2.2. Suavizado	44
3.2.3. Combinación de entidades	45
3.2.4. Desplazamiento	45



1. Generalización cartográfica

1.1. Introducción

La abstracción cartográfica es la etapa de la Cartografía en la que el autor del mapa transforma los datos no cartográficos en formas cartografiables. Habrá que seleccionar y organizar la información necesaria, de forma que el usuario al que va dirigido el mapa lo comprenda. Según Gershon Weltman: "Cuando aceptamos la idea de que no es necesaria la representación de toda la información disponible, entonces se debe seleccionar ésta según cada propósito particular".

Este proceso de abstracción, está compuesto por:

- La selección de elementos.
- Su clasificación.
- Simplificación.
- Simbolización.

El resultado de este proceso, será una reducción de la cantidad de detalles innecesarios del mapa, es decir, una imagen más simplificada del mapa.

El proceso de selección comienza cuando se deciden cuestiones como el espacio geográfico que va a ser cartografiado, la escala a la que irá el mapa, la proyección, aspectos relacionados con las variables a cartografiar (en el caso de los mapas temáticos), etc. La selección de los detalles (que es parte de la generalización) viene impuesta por la necesidad de eliminar todo lo que contribuiría a hacer el mapa ilegible o confuso.

El proceso de clasificación consiste en agrupar elementos de características similares. Se organiza la información que va a ser cartografiada de manera que se reduce la complejidad de la imagen del mapa.

La selección y clasificación son ejemplos de simplificación, aunque ésta puede tomar otras formas como la esquematización de las líneas eliminando detalles innecesarios. A este último tipo de simplificación lo denominaremos generalización.

La generalización se aplica a todos los elementos del mapa: a la planimetría, a las formas del relieve, a las representaciones temáticas y también a la rotulación. Al generalizar, habrá que hacer una selección de los detalles que deben o no conservarse en el mapa, y además habrá que esquematizar razonadamente las formas y los trazados de forma que se obtenga una imagen equilibrada.

1.2. Objetivo de la generalización

El objetivo de la generalización es la producción de una imagen cartográfica legible y expresiva, y por supuesto en concordancia con el objetivo del mapa. El contenido del mapa deberá ser reducido a lo que es necesario y posible de representar. Lo más importante deberá ser enfatizado, y suprimido lo que carezca de importancia. La generalización comenzará en el punto en donde la evidencia de la expresión gráfica y la legibilidad se vuelven insuficientes.

De hecho en principio, todo mapa es una generalización. Los elementos naturales, o los hechos por la mano del hombre no pueden ser totalmente representados en un mapa que está a menor escala que la realidad. Por ejemplo, a escala 1:10.000, la doble línea del símbolo de carreteras ya no se corresponde con su tamaño a escala.

Por ejemplo, de un mapa a escala 1:100.000 se desea elaborar otro a escala 1:1.000.000. Evidentemente, todos los elementos del primer mapa no pueden ser representados en el segundo. Sin embargo, si se mantiene toda la red hidrográfica, por ejemplo, en el mapa 1:1.000.000, la densidad gráfica habrá aumentado exageradamente en

detrimento de los espacios interfluviales, sobre los que no se podrá ya representar nada más. Se tendrá que seleccionar qué ríos van a aparecer en el segundo mapa eliminando los demás. Por otro lado, estos ríos seleccionados, habrá que "esquematizarlos". Habrá que suprimir las inflexiones inútiles que no tengan representación a la nueva escala y que, sin embargo, ensucien la apariencia del mapa; y habrá que conservar el resto de las inflexiones, incluso exagerando aquellas que sean más características.

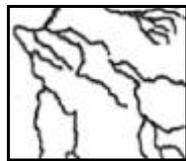
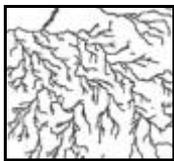
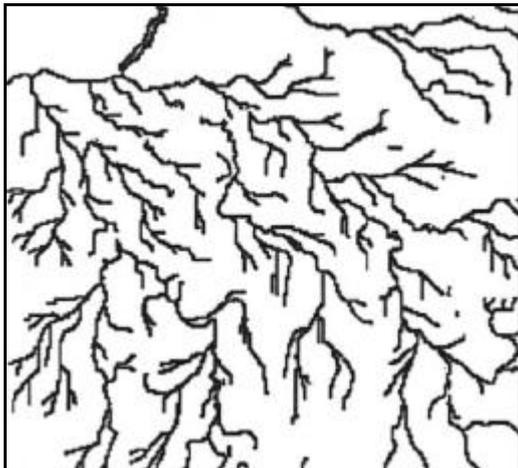


Ilustración 1.2.1: Si la red hidrográfica de la figura superior estuviera a escala 1:200.000, las inferiores estarían a 1:1.000.000. La de la izquierda es la misma imagen que la superior; la segunda representa una selección de los ríos.



Ilustración 1.2.2: Alta densidad del mapa. Reducción de un mapa 1:50.000 a 1:100.000.

1.2.1. Selección de detalles

La selección de detalles no puede hacerse al azar, ni siquiera siguiendo criterios matemáticos, como por ejemplo suprimiendo los ríos que estén por debajo del enésimo orden. Habrá que tener en cuenta el valor del objeto con respecto al propósito del mapa; se conservarán más ríos para un mapa hidrográfico o geomorfológico, que para otro industrial o agrícola. También será importante el valor de referencia del objeto (la ayuda que el objeto pueda prestar para situar mejor los objetos principales), su importancia histórica, etc.

Según F. Joly en *La Cartografía*: "La selección es siempre delicada y no puede considerarse como una simple operación técnica".

1.2.2. Esquematización de las formas

La generalización de las formas se aplica a todos los elementos del mapa, puntuales, lineales y superficiales. Se eliminan las formas poco significativas y se enfatizan las más expresivas. Así debe ocurrir con los cursos de agua, con las vías de comunicación, curvas de nivel y límites de todo tipo.

Los objetos similares cuya representación individual fueran demasiado pequeñas se fusionan, manteniendo con el mayor cuidado posible las relaciones de su situación, de su forma y orientación.

1.2.3. Posición del objeto

Existe otro aspecto delicado a tener en cuenta en un proceso de generalización. El hecho de que se esquematicen o generalicen las formas de los elementos, no impide que algunos objetos ocupen un espacio desmesurado en relación al espacio geográfico real que ocupan. Ello obliga a un falseamiento en la posición de los objetos inmediatamente vecinos.



Tabla 1.2.1

Escala	Ancho real (m)	Representación en el mapa (mm)	Ancho según su representación (m)	Aumento con relación al terreno
25.000	4	0.6	15	3.75
50.000	4	0.6	30	7.5
100.000	4	0.6	60	15
200.000	4	0.6	120	30

Según Mark S. Monmonier en *Maps, distortion and meaning*: “La representación de una carretera más ancha de lo que es en la realidad la hace visible; ... la separación exagerada de características diferentes permite la representación de posiciones relativas. Para que el usuario del mapa comprenda el significado del mismo, la distorsión se hace necesaria”.

Por tanto, se procederá partiendo de unas referencias que se consideran fijas (como la red hidrográfica, por ejemplo) y se procurarán lo menos posible y de la mejor manera los demás elementos, en orden decreciente, de acuerdo con su importancia, de forma que el mapa mantenga sus cualidades descriptivas esenciales.

Una buena generalización no es una simple reducción que se pueda obtener por métodos fotográficos. Exige constantemente retoques muy meditados, y una estrecha colaboración con el especialista que conozca bien los fenómenos representados. La generalización es tanto más difícil cuanto más pequeña sea la escala y más recargado esté el mapa. Hace falta todo un bagaje de experiencia cartográfica y también cultural para ser capaz de realizar buenas generalizaciones.

Según Max Eckert en *On the nature of maps and Map Logic* (1997): “Es evidente que la Cartografía no es simplemente un conocimiento técnico. En una gran parte, se puede decir, que entra dentro de las artes aplicadas, un arte gobernado y determinado por leyes científicas. Pero ¿cómo puede romper la Cartografía con las reglas de la precisión

matemática?... Mientras la escala permita la representación de los objetos en su posición y en su proporción verdadera, sólo será necesaria la habilidad en la técnica. Pero en cuanto esto deje de ser posible, es cuando comienza el *arte* en Cartografía. Con la generalización el arte toma parte en la labor cartográfica”.

1.2.4. Tamaños mínimos

El grueso de las líneas, y su espaciado, nunca deberá ser menor que las dimensiones mínimas. Para los mapas topográficos, o para impresiones oscuras (tintas negras o casi negras) se aplican los valores del cuadro de la siguiente ilustración.

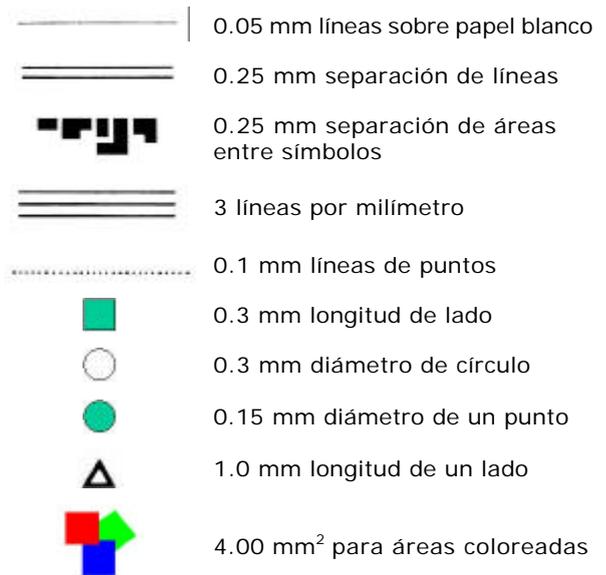


Ilustración 1.2.3: Siempre que se pueda se deberán evitar estos tamaños mínimos

1.3. La generalización aplicada a diferentes elementos del mapa

A continuación se muestran para su análisis, diferentes mapas topográficos en los que se pone el interés en la generalización de la planimetría.

En este caso deberá mantenerse la proporción blanco / negro para dar una información sobre la densidad de edificabilidad.

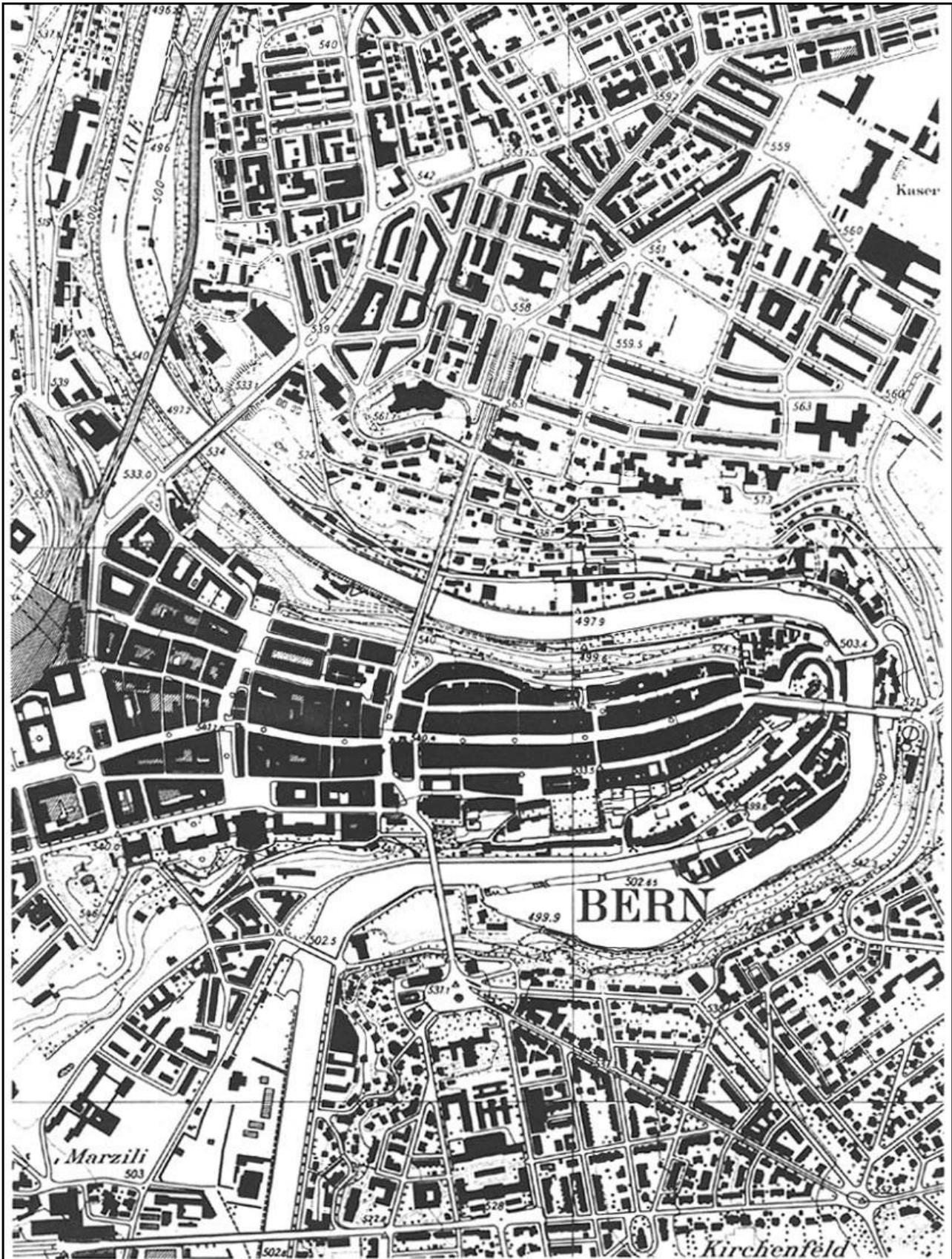


Ilustración 1.3.1: La ciudad de Berna a escala 1:10.000. Todas las casas aparecen tanto en su verdadera situación como en su verdadera forma. La generalización es mínima.

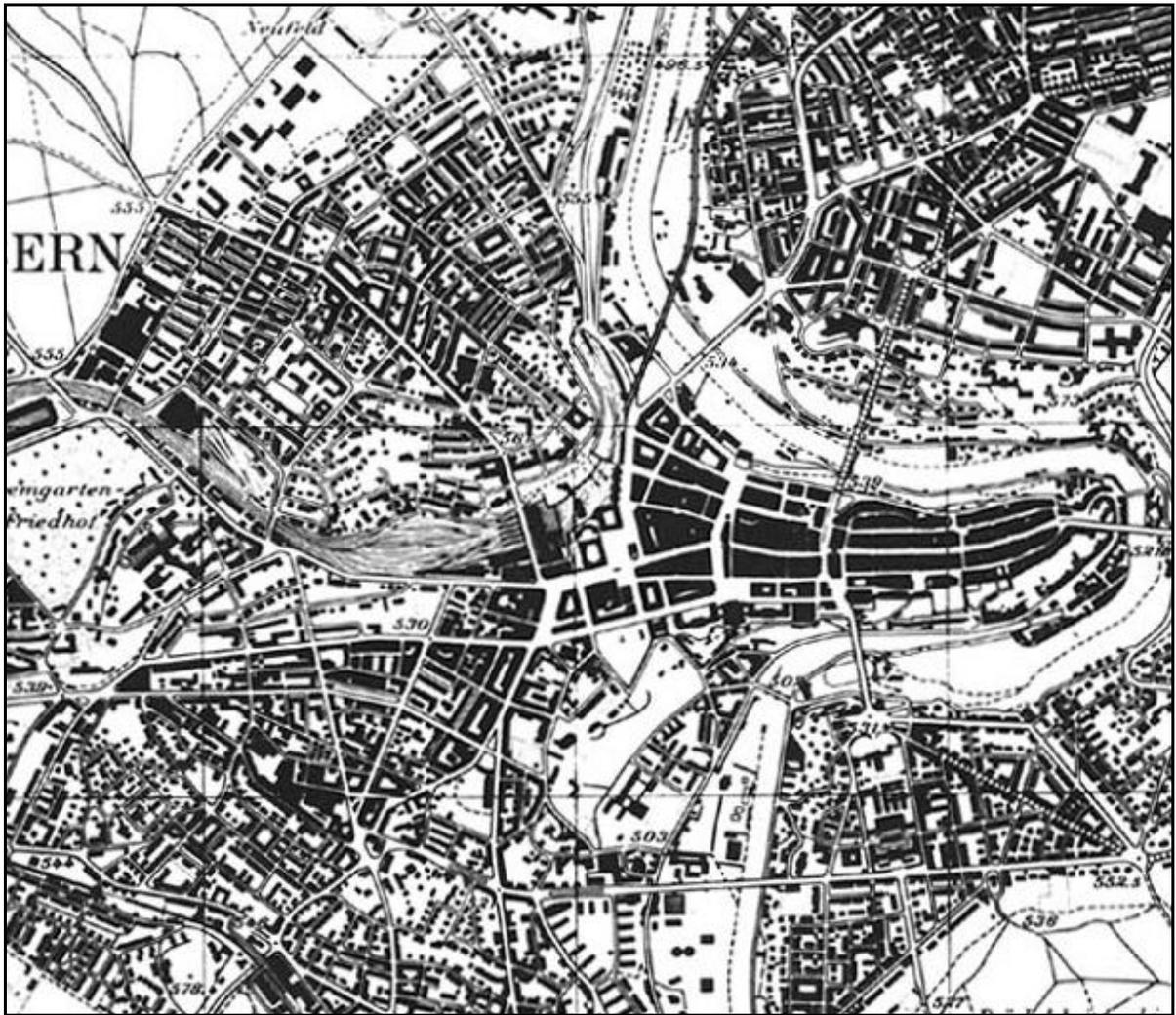


Ilustración 1.3.2: Mapa a escala 1:25.000 de la ciudad de Berna. Todavía se representan la mayoría de las calles en su situación y forma verdaderas. Los detalles y las construcciones más pequeñas han desaparecido.



Ilustración 1.3.3: Esqueleto de las calles y las carreteras del mapa anterior de Berna.

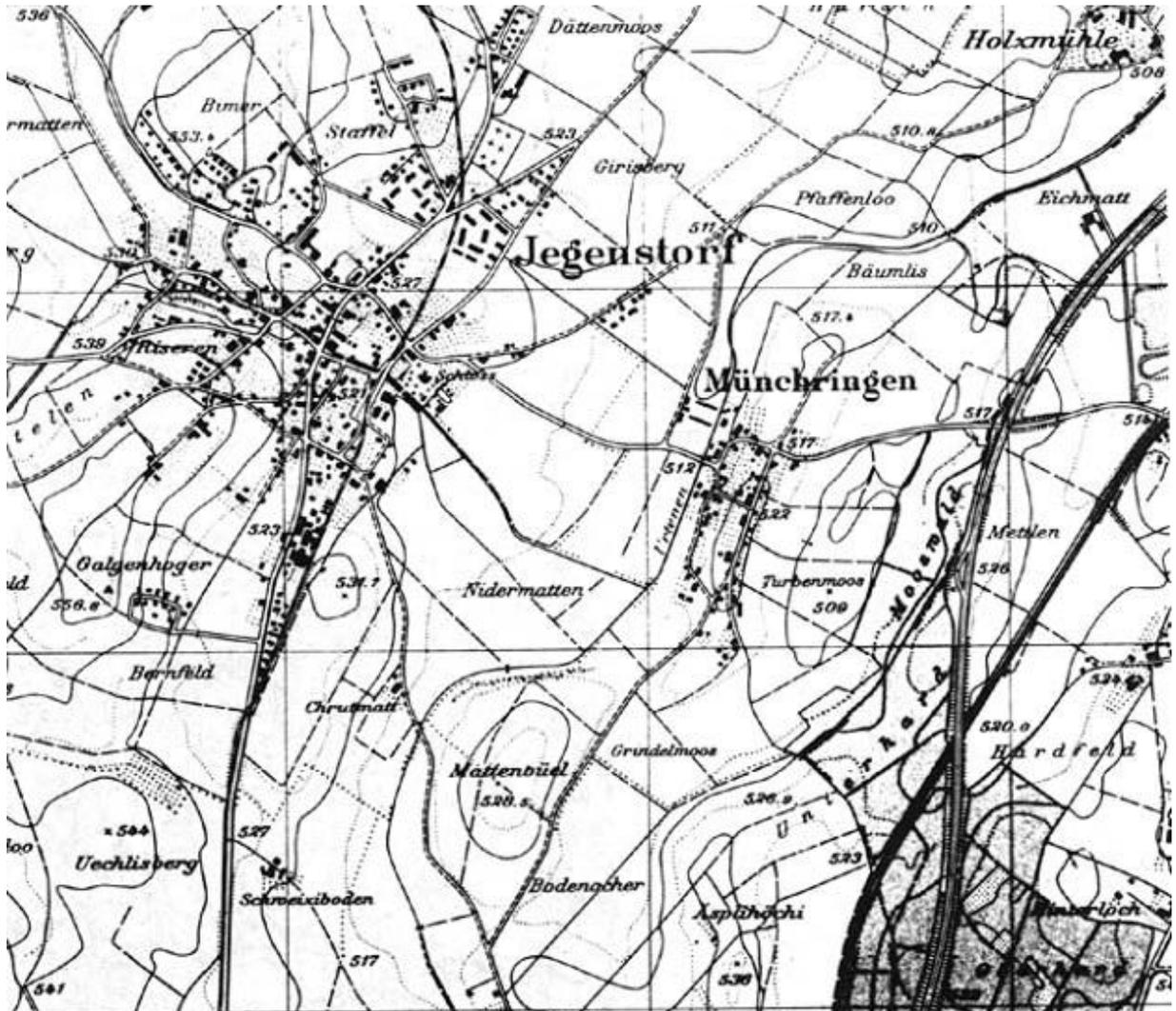


Ilustración 1.3.7: Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.8: Escala 1:50.000.

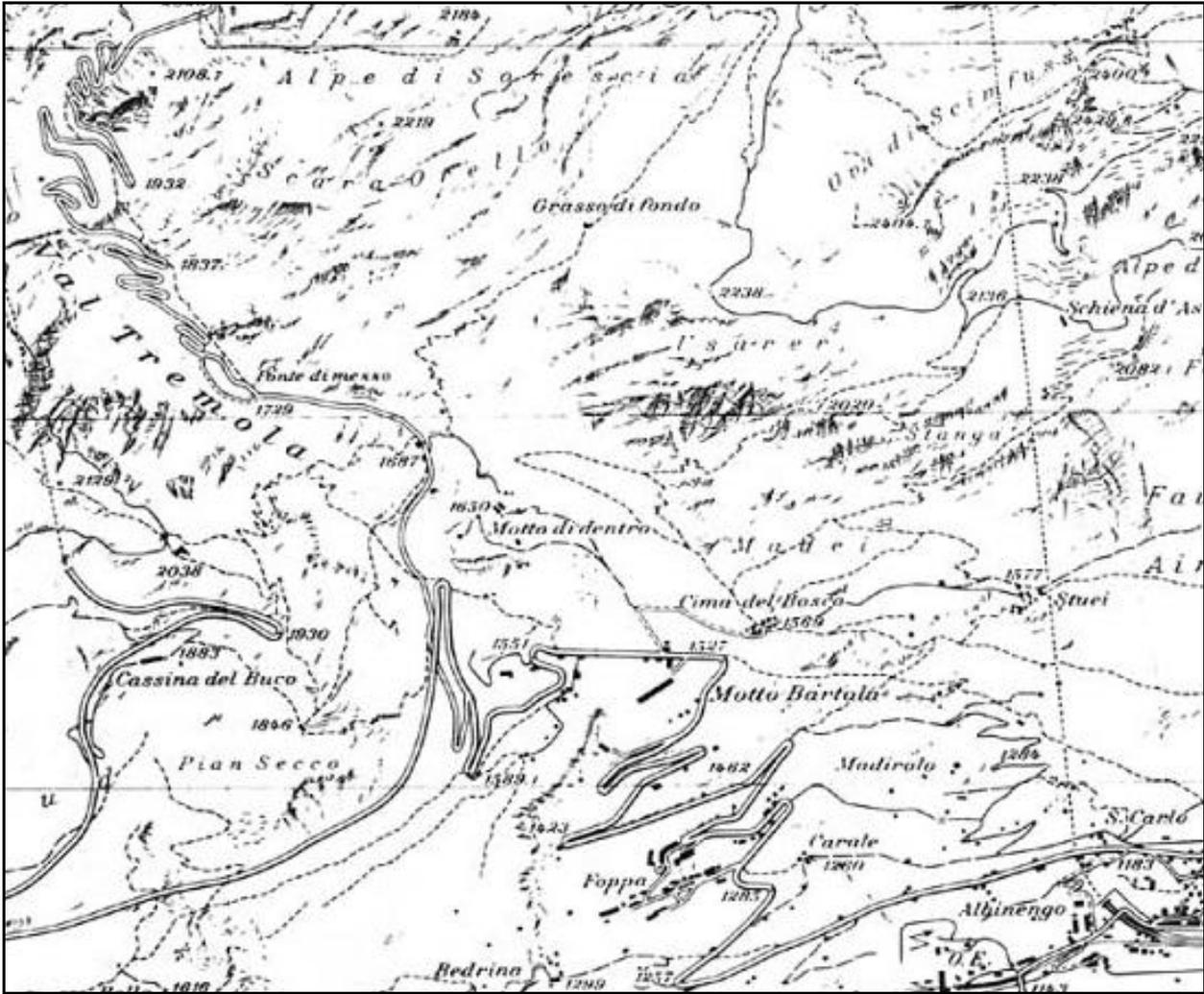


Ilustración 1.3.9: Carretera de paso de montaña con curvas de horquilla. Escala: 1:25.000.



Ilustración 1.3.10: Mismo mapa a escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.11: Escalas 1:100.000, 1:200.000 y 1:500.000

1.3.1. Simplificación de líneas



Ilustración 1.3.12: Una línea que originalmente no sea completamente recta, tampoco deberá representarse como geoméricamente recta.



Ilustración 1.3.13: Se eliminarán pequeñas irregularidades que serán cubiertas por el ancho de línea en la reducción.



Ilustración 1.3.14: Se debe mantener el carácter de la línea original. En la ilustración, la imagen superior es correcta e incorrecta la inferior.



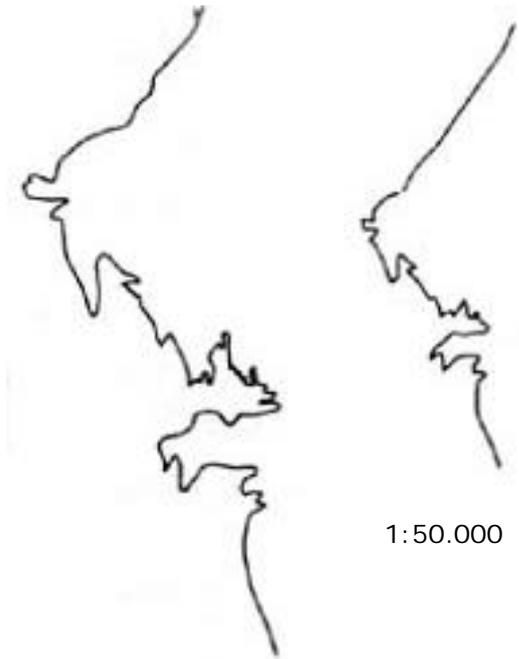
Ilustración 1.3.15: Dos curvas pueden ser combinadas como una y tres como dos, manteniendo el carácter de la línea original.

En los ejemplos siguientes, se observa el incremento de la simplificación de las líneas a medida que decrece la escala.



1:25.000 1:50.000 1:100.000

Ilustración 1.3.16: Reducción de irregularidades con la escala.



1:50.000

1:25.000

1:200.000

1:100.000

Ilustración 1.3.17: Incremento de la simplificación de las líneas a medida que decrece la escala.

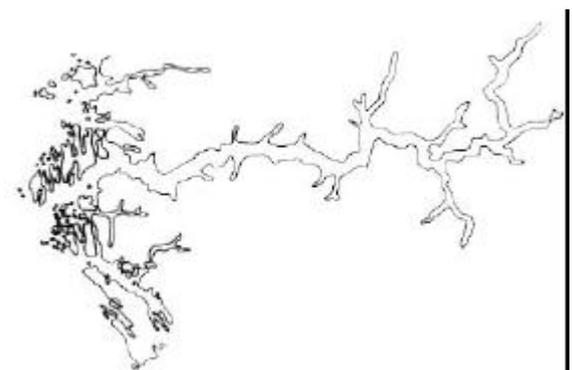


Ilustración 1.3.18: Simplificación de la línea de costa de Los Fiordos.



1.3.2. Interrupción de líneas

A continuación se muestran varios ejemplos, en los cuales a la izquierda se encuentra la representación incorrecta y a la derecha la correcta.



Ilustración 1.3.19: Líneas de puntos y rayas: Los puntos, si es posible, se deben ubicar en las esquinas.



Ilustración 1.3.20: Límites: Las interrupciones no deberán estar en las esquinas porque confunden la conexión.



Ilustración 1.3.21: Líneas de puntos: El curso deberá ser claro.

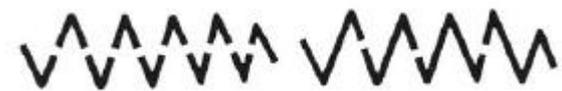


Ilustración 1.3.22: Las interrupciones no deberán formar un claro alineado.



Ilustración 1.3.23: Para carreteras de pequeños zig-zag la línea de segmentos deberá ser extendida.



Ilustración 1.3.24: Las curvas no deben ser interrumpidas.

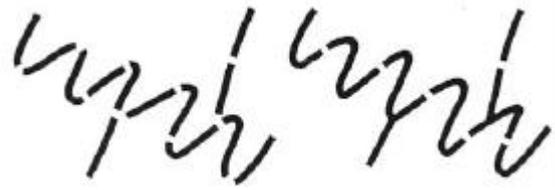


Ilustración 1.3.25: No interrumpir en las esquinas y bifurcaciones.



Ilustración 1.3.26



Ilustración 1.3.27: Una carretera cruzando sobre un curso de agua sin el símbolo de puente de peatones, deberá, siempre, ser representado con la línea de segmentos cruzando el curso de agua.



Ilustración 1.3.28: Un puente de carretera no deberá ser representado por línea a trazos.

1.3.3. Simplificación de la hidrografía

La selección de cursos de agua y ríos no puede ser representada de acuerdo a un sistema predeterminado, como por ejemplo, un pequeño curso de agua en un área árida es posiblemente más importante para el usuario del mapa, que un río en una zona bien irrigada.

Como los cursos de agua, en general, tienen que ser menos exagerados en ancho que cualquier otro elemento del mapa, habrá también menos problemas que dificulten su generalización. La hidrografía en los mapas topográficos es el primer elemento para ser adaptado a compatibilizar con los otros restantes,

cuando los detalles tienen que ser desplazados.

Requerimientos para la generalización:

- Precisión posicional dentro de las limitaciones de la escala usada.
- Exactitud de formas en las líneas dentro de las limitaciones de la escala.
- Inclusión de todos los cursos de agua apropiados a la escala.
- Representación cargada de cursos de agua.
- Simplificación de formas en las líneas correspondientes a las formas del terreno generalizadas.
- Relación de la red hidrográfica con los otros elementos del mapa.

Para hallar estos requerimientos apropiadamente, la relación azul / blanco deberá permanecer aproximadamente la misma en todas las escalas.

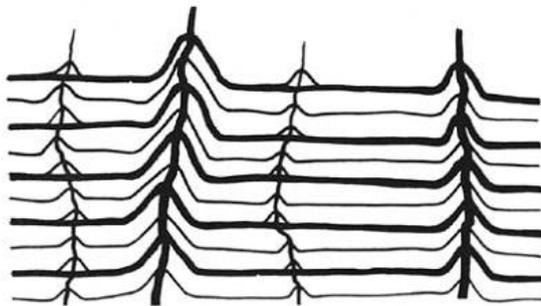


Ilustración 1.3.29: Si las inflexiones de las curvas de nivel que marcan el curso de la corriente no están mostradas, entonces la corriente también deberá ser omitida.

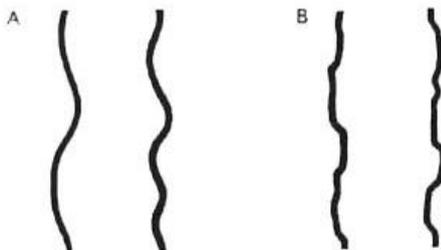


Ilustración 1.3.30: Curso de agua demasiado rígido y no natural o canalizado (A). Y curso de agua caudaloso y de apariencia natural (B).

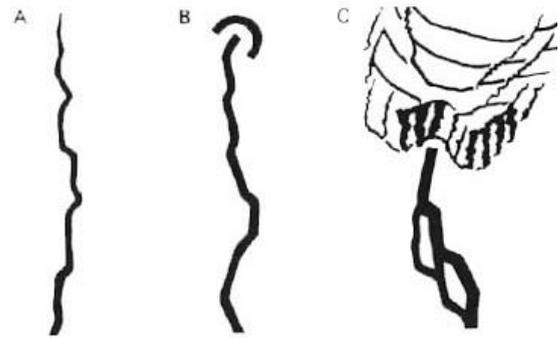


Ilustración 1.3.31: Nacimiento y ensanchado de un curso de agua (A). En un salto de agua grande, se comienza con líneas más delgadas (B). Curso de agua saliendo de un glaciar (C).

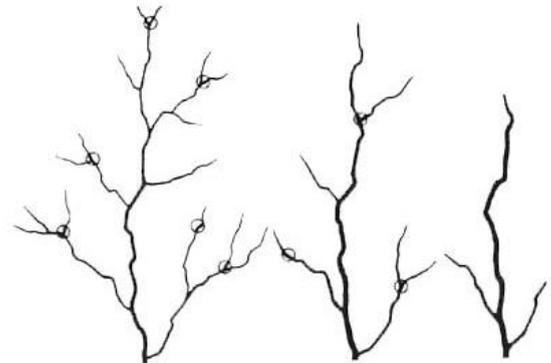


Ilustración 1.3.32: Omisión de tributarios. Menos a escalas más pequeñas.

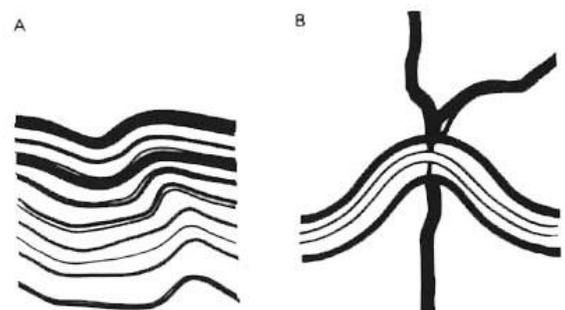


Ilustración 1.3.33: Una carretera o ferrocarril siguiendo la línea de costa escarpada de un lago, deberá ser desplazada hacia el lago. Las curvas de nivel en el lago deben ser desplazadas adecuadamente (A). Las confluencias de las corrientes tienen que ser desplazadas (B).

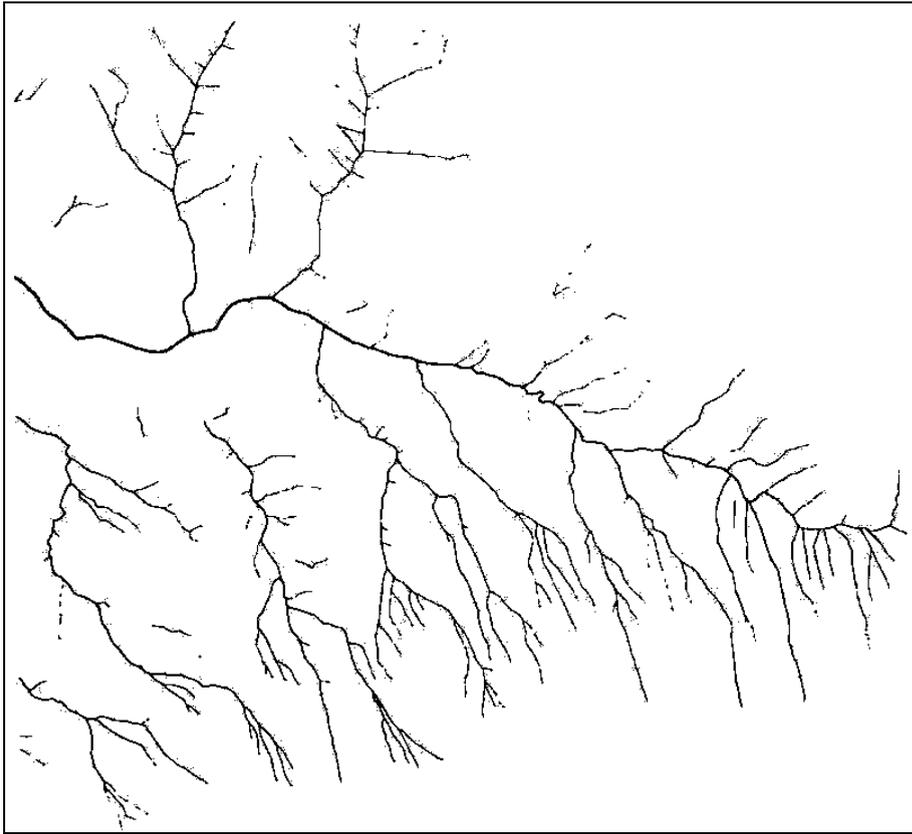


Ilustración 1.3.34: Representación de un mapa hidrográfico. Mapa 1:10.000 reducido a dimensiones de 1:25.000.

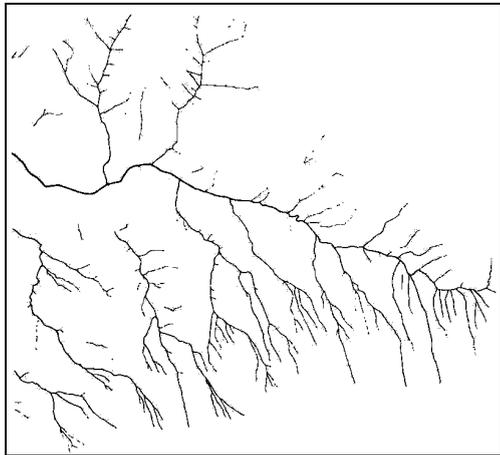


Ilustración 1.3.35: Mapa 1:10.000 reducido a dimensiones de 1:50.000

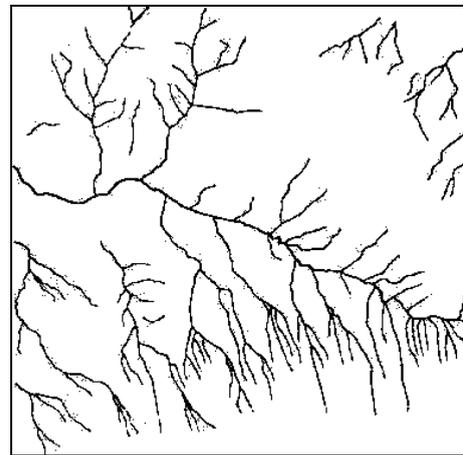


Ilustración 1.3.36: Mapa hidrográfico a 1:50.000.

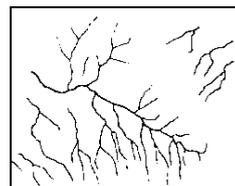


Ilustración 1.3.37: Mapa hidrográfico a 1:100.000



1.3.4. Simplificación de curvas de nivel

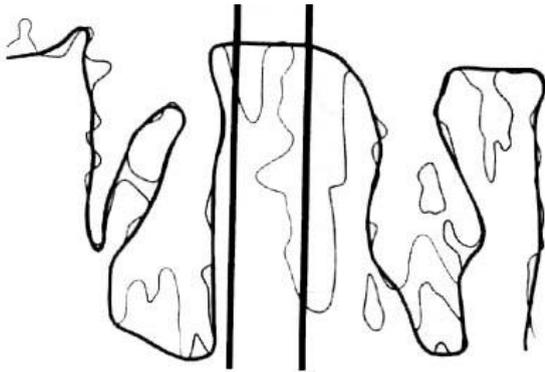


Ilustración 1.3.38: Simplificación de las formas detalladas de las curvas de nivel en terrenos llanos. Las principales características deberán ser enfatizadas y las formas más pequeñas combinadas.

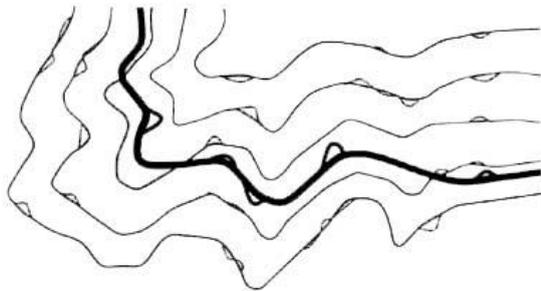


Ilustración 1.3.39: Relación entre la generalización de carretera o senda y la generalización de las curvas.

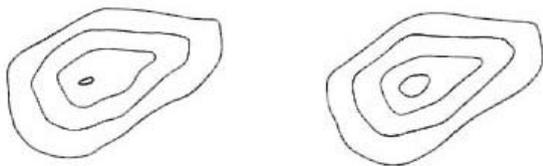


Ilustración 1.3.40: Exageración de curvas de nivel de pequeñas elevaciones.

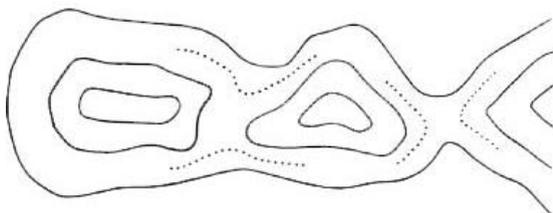


Ilustración 1.3.41: Curvas de nivel suplementarias para hacer más legible la topografía.

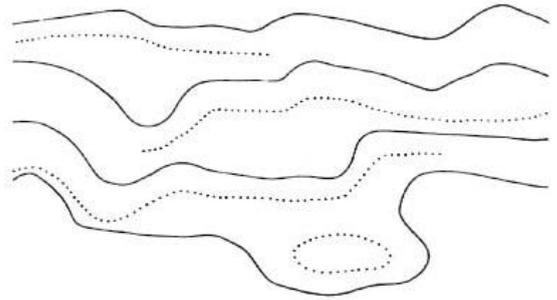


Ilustración 1.3.42: Pendientes irregulares, crestas escarpadas y depresiones pueden ser enfatizadas por curvas suplementarias.

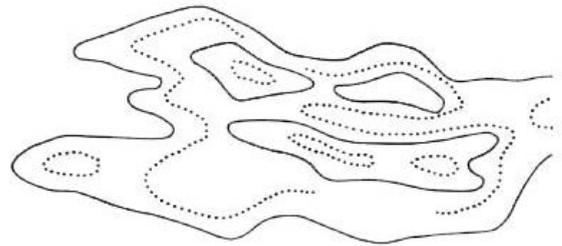


Ilustración 1.3.43: Las curvas suplementarias son muy útiles en zonas llanas para representar elevaciones pequeñas.

En las siguientes ilustraciones, la representación correcta está a la izquierda y la incorrecta a la derecha.

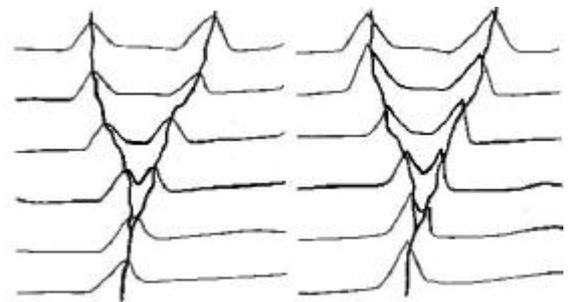


Ilustración 1.3.44

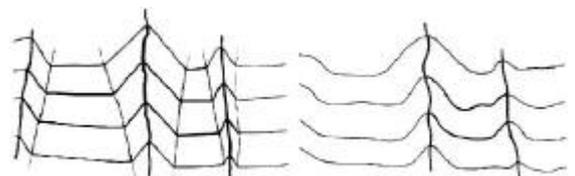


Ilustración 1.3.45: Las inflexiones de las curvas deben marcar los cursos de agua. Es importante dejar espacio suficiente para el curso de agua redondeando las líneas de las curvas.

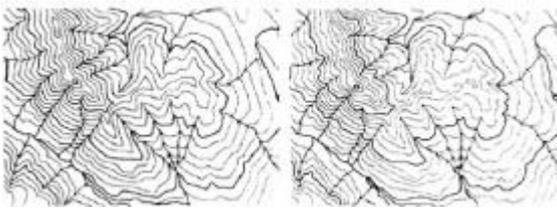


Ilustración 1.3.46: Formas de la superficie de las curvas de nivel. Una sola curva de nivel no da mucha información. Se necesita una serie de ellas. Si en un previo diseño de crestas la curva dibuja un cambio de dirección, entonces cada plano de la superficie se vuelve distinto.

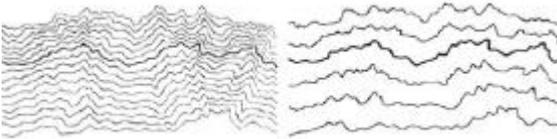


Ilustración 1.3.47: Un pequeño intervalo vertical permite mostrar más formas del terreno que una equidistancia mayor, donde los detalles diminutos aparecen desconectados unos de otros.



Ilustración 1.3.48: Las pendientes escalonadas no deberán ser suavizadas.

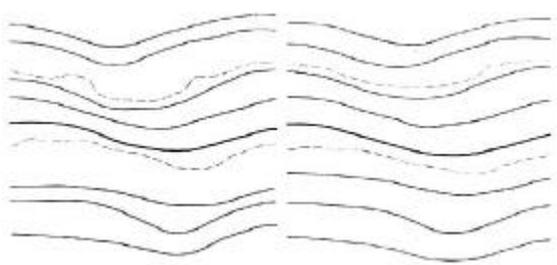


Ilustración 1.3.49: Si una pendiente tiene forma de terraza, las curvas deberán ser enfatizadas en este aspecto. La pendiente no se suavizará.

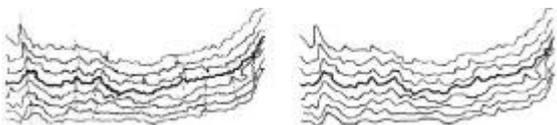


Ilustración 1.3.50: Curvas dibujadas con todos los detalles, y la misma figura con la supresión de las formas pequeñas (suavizado de líneas).

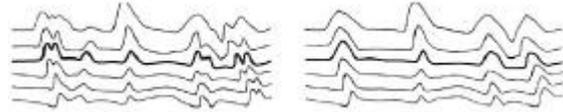


Ilustración 1.3.51: Curvas de un mapa básico, y su redibujado para escalas más pequeñas omitiendo las inflexiones menores.

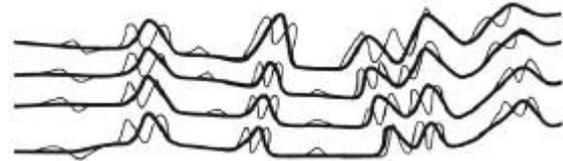


Ilustración 1.3.52: Número decreciente de inflexiones para combinarlas en escalas menores.

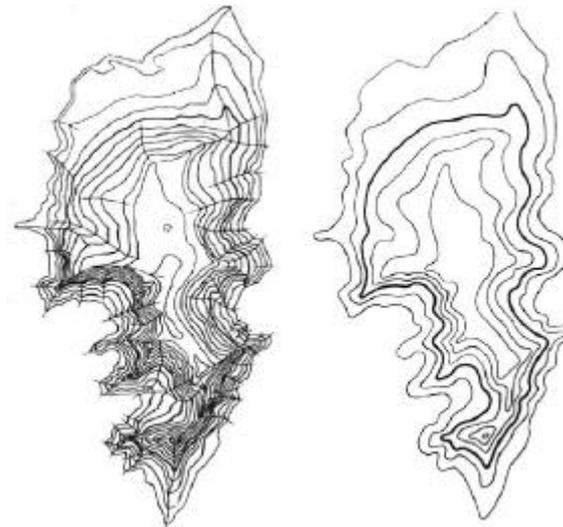


Ilustración 1.3.53: Primera imagen con líneas de crestas e intervalo vertical 10 m. Su imagen generalizada a 20 m de equidistancia. En la última imagen las curvas se redondean. Se ve como resultado la pérdida del carácter original del terreno.

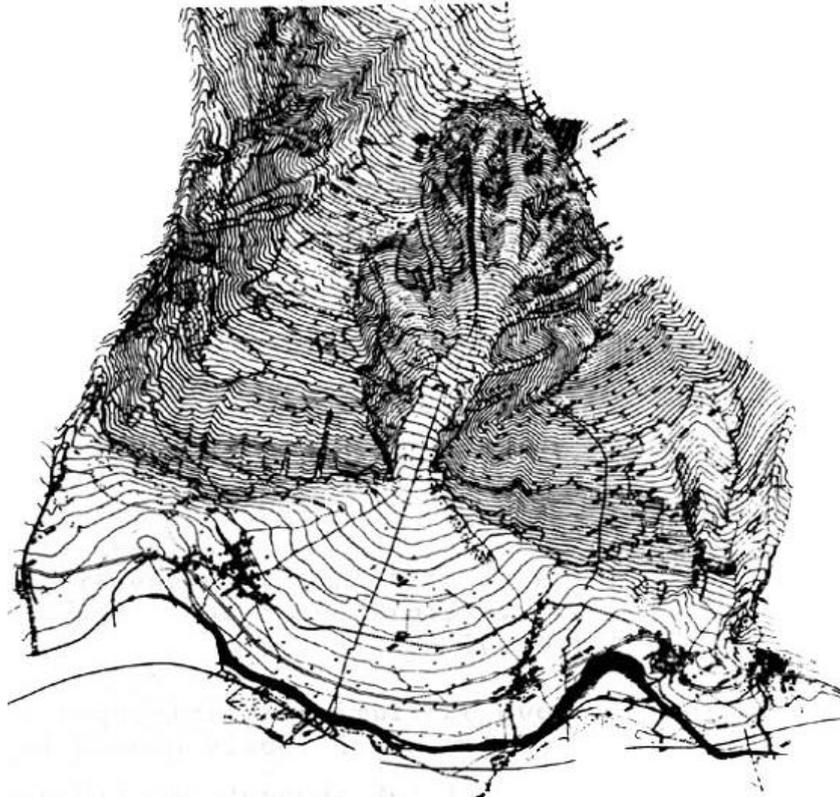


Ilustración 1.3.54: Ejemplos de generalización de curvas de nivel. Esta figura es una reducción fotográfica de un 10.000 a 1:25.000.

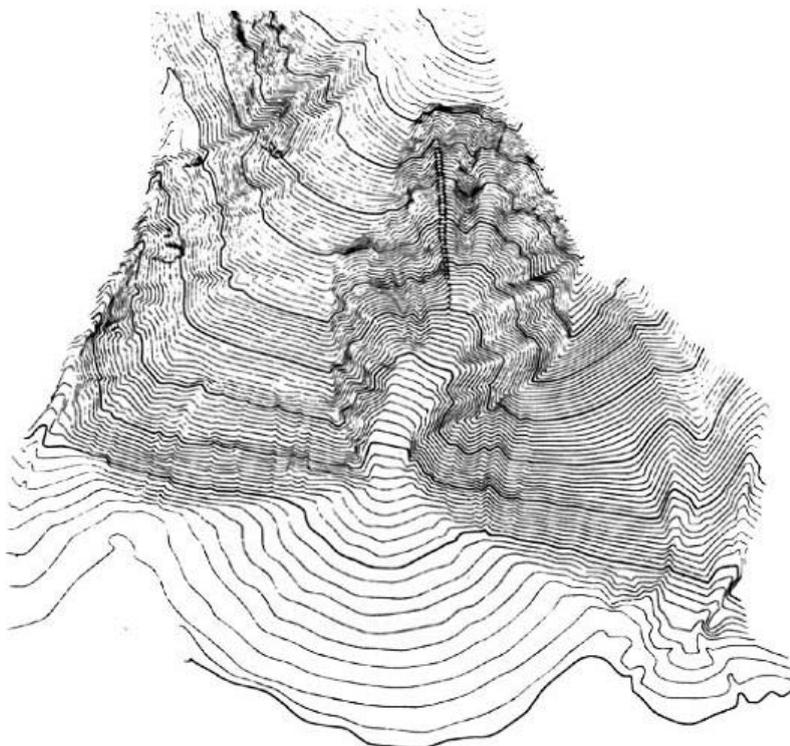


Ilustración 1.3.55: La misma figura generalizada para 1:25.000.

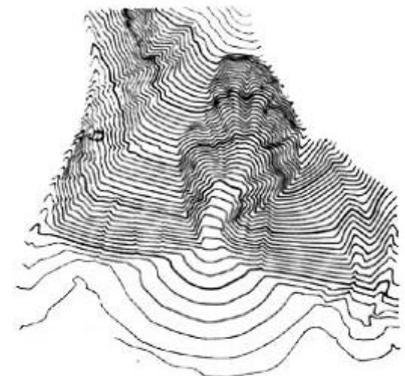


Ilustración 1.3.56: Generalización para 1:50.000.



Ilustración 1.3.57: Generalización para 1:100.000.

1.3.5. Desplazamientos

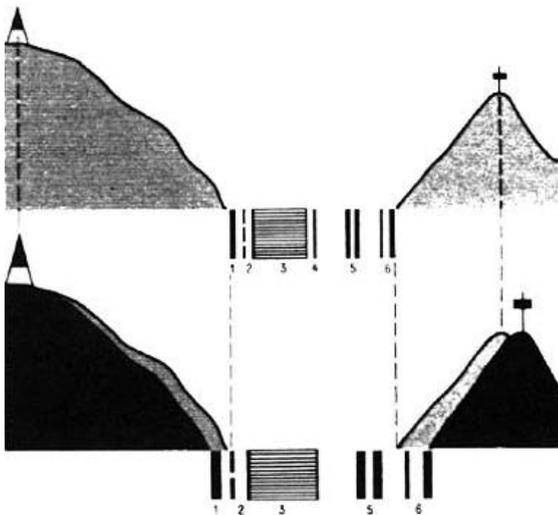


Ilustración 1.3.58: Las curvas de nivel deberán ser desplazadas, debido a los espacios más grandes necesitados por los símbolos del mapa, de manera que no se produzcan cambios topográficos. Los puntos trigonométricos (ver pirámide) no deberán ser desplazados. Los puntos topográficos podrán ser desplazados un poco: Ferrocarril trazado simple (1); carretera de segunda clase (2); río (3); senda (4); ferrocarril trazado doble (5).

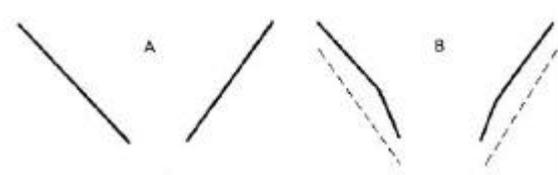


Ilustración 1.3.59: Gradiente correcto (A).
Gradiente incorrecto (B).



Ilustración 1.3.60: Los espacios deberán ser reservados para los elementos que tienen que ser representados en otro color.

1.3.6. Distinción gráfica de los elementos del mapa

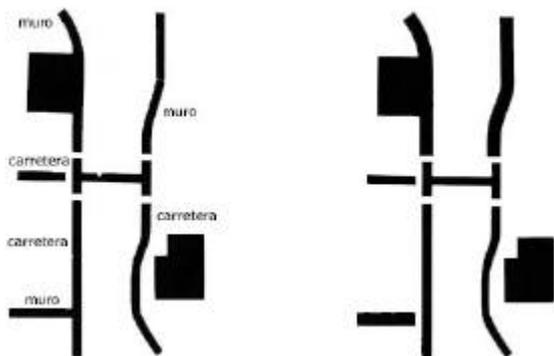


Ilustración 1.3.61: Posible confusión entre muro y carretera. Es necesaria la diferenciación mediante el ancho de las líneas.



Ilustración 1.3.62: Aclarado de detalles entre otros símbolos.



Ilustración 1.3.63: El símbolo es similar al otro detalle.



Ilustración 1.3.64: Cambio de símbolo.



Ilustración 1.3.65: Distinción pobre del símbolo de casa y el símbolo de terraplén.

1.3.7. Posiciones relativas de los elementos de un mapa

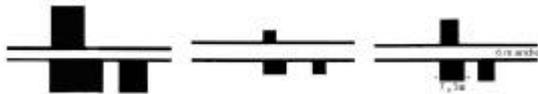


Ilustración 1.3.66: Proporción errónea de la carretera con las casas.

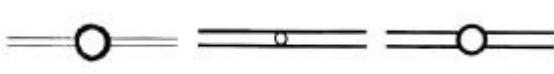


Ilustración 1.3.67: Proporción errónea del símbolo de asentamiento con la carretera.

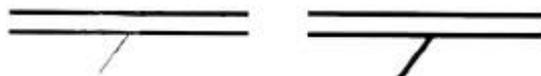


Ilustración 1.3.68: Proporción errónea del símbolo de carretera de línea doble con la línea simple.

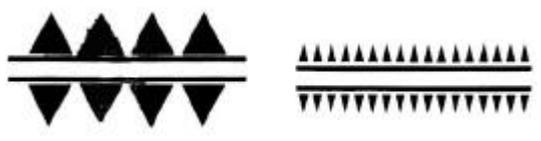


Ilustración 1.3.69: El terraplén oculta la carretera.

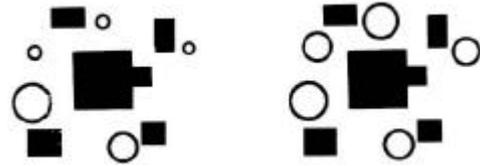


Ilustración 1.3.70: Árboles demasiado pequeños comparados con las casas.

1.3.8. Número decreciente de objetos

Cuando hay objetos omitidos, debido al cambio de escala, el carácter original no deberá cambiar en su esencia. La forma original, tamaño y espacio deberá mantenerse a pesar del número decreciente de ellos.

En los ejemplos siguientes, se muestra la forma incorrecta de actuar a la izquierda y la correcta la derecha.

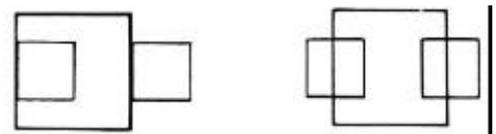


Ilustración 1.3.71: Dos casas se convierten en una.

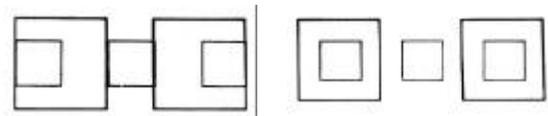


Ilustración 1.3.72: Tres casas pasan a dos.

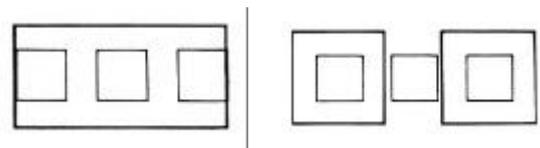


Ilustración 1.3.73: Los cuadrados no deberán convertirse en rectángulos.

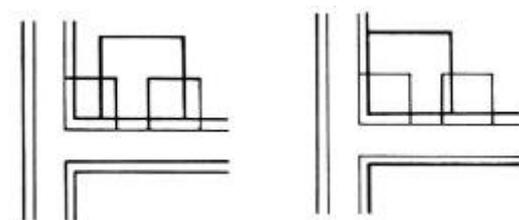


Ilustración 1.3.74: Excepción: En la unión de calles, el objeto se mueve a la esquina de la calle.

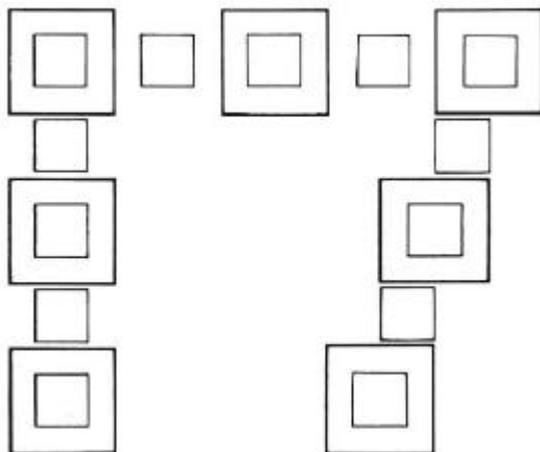


Ilustración 1.3.75: Para cualquier alineación de filas, los objetos decrecen de la misma manera.

1.3.9. Número decreciente de calles menores

Cuando los edificios residenciales son de forma y situación irregular, y las calles para ser omitidas no pueden ser indicadas por las casas, la forma de los edificios y la relación blanco / negro puede ser mantenida por el desplazamiento geométrico de las calles, y aún se conservarán.

De esta manera, a pesar del número decreciente de los símbolos de los edificios, estos deberán ser ubicados de tal forma que la impresión general esté todavía en concordancia con el carácter de la escala original.

En los siguientes ejemplos todas las imágenes a la izquierda han sido aumentadas y las imágenes a la derecha son las reales.



Ilustración 1.3.76: Escala 1:25.000. Las calles y casas adyacentes son aproximada y correctamente representadas.



Ilustración 1.3.77: Escala 1:50.000. Se ha suprimido una calle. Las dos restantes son dispuestas de manera que las formas de los símbolos de los edificios y la relación blanco / negro sean mantenidas. Las dos calles han sido cambiadas de su posición original.



Ilustración 1.3.78: Escala 1:100.000. La impresión general sigue manteniéndose con sólo una calle intermedia. La relación blanco / negro es obtenida principalmente por la representación de las casas.

Los siguientes ejemplos muestran que a escalas pequeñas el ancho de las calles y el tamaño de las casas deberá quedarse en la proporción correcta uno respecto al otro.

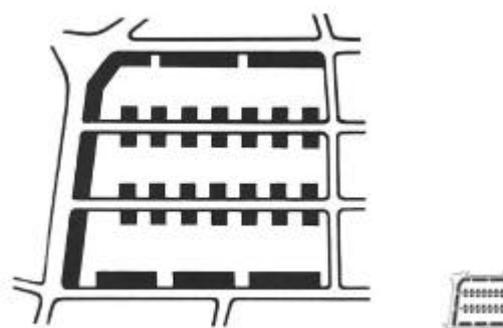


Ilustración 1.3.79: Escala 1:25.000 aumentada diez veces. La representación posicional es aproximadamente verdadera. Debido a los anchos estándar para las calles, las casas a lo largo de ellas de algún modo ya están dispuestas. Debido al uso de tamaños de símbolos especificados, todos los edificios son representados algo más grandes del tamaño verdadero a escala. Los detalles pequeños son omitidos.

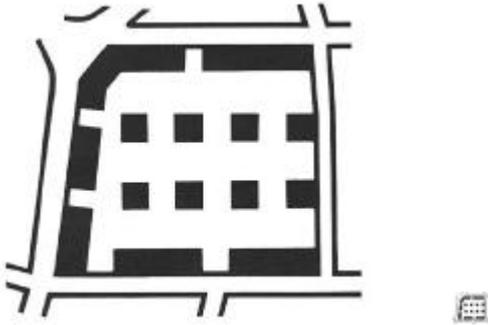


Ilustración 1.3.80: Escala 1:50.000 aumentada veinte veces. El aumento de las calles principales causa un mayor desplazamiento de las casas a lo largo de las calles. Para mantener la proporción blanco / negro, las dos calles menores con casas individuales a su lado, se convierten en dos hileras de cuatro casas. De todos modos, las dos calles principales deberán, como sea posible, ser verdaderamente representadas.



Ilustración 1.3.81: Escala 1:100.000 aumentada cuarenta veces. Las calles principales han aumentado más que en el 50.000. El tamaño mínimo de las casas es doblado, ya que el área disponible para el espacio residencial se vuelve de nuevo más pequeña, y esto causa problemas en la proporción blanco / negro. El número de hileras y de casas en cada fila es, en consecuencia, reducido. Las casas a lo largo de las calles principales, deberán ser verdaderamente representadas dentro de los límites de escala.



Ilustración 1.3.82: Las calles de un área edificada, deben ser representadas por líneas más delgadas, o eliminadas cuando se usen ciertos símbolos. Haciendo esto, se gana más espacio para las casas.

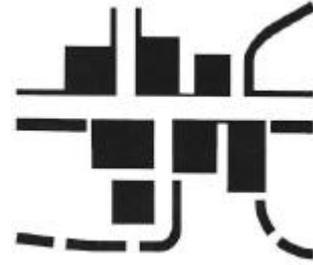


Ilustración 1.3.83: La unión de calles con carreteras representadas por una línea, deberá ser mantenida abierta. La legibilidad del curso de las calles mejora de esta manera.



Ilustración 1.3.84: En las escalas pequeñas, donde las distancias entre casas son mínimas, las calles pueden ser parcialmente representadas por sólo casas. Es lo que se denomina efecto sustituyente.



Ilustración 1.3.85: El curso de una senda puede ser representado por casas. (Efecto sustituyente).

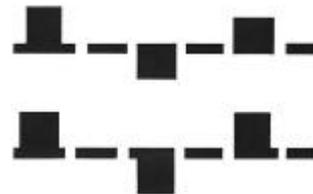


Ilustración 1.3.86: La continuidad de una senda es mantenida. Representación de casas a lo largo de sendas expresadas por líneas a trazos. Una senda demasiado interrumpida, se vuelve ilegible.



1.3.10. Detalles gráficos

La representación correcta de los siguientes ejemplos se encuentra a la derecha.



Ilustración 1.3.87: Punto acotado en carretera de 3ª clase.



Ilustración 1.3.88: Punto acotado en la unión de carreteras.

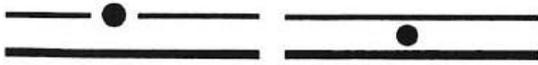


Ilustración 1.3.89: Punto acotado en carretera de 1ª clase.

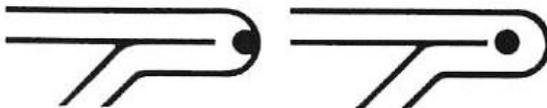


Ilustración 1.3.90: Punto acotado en curva de carretera.

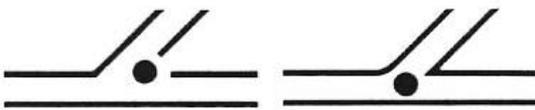


Ilustración 1.3.91: Punto acotado en bifurcación de carretera.



Ilustración 1.3.92: Punto acotado sobre puente peatonal y puente.



Ilustración 1.3.93: Punto acotado en unión de carretera.

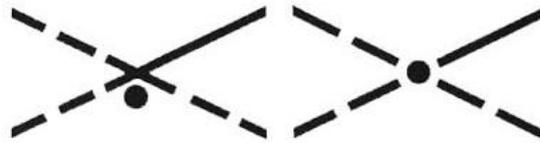


Ilustración 1.3.94: Punto acotado en cruce de carretera.



Ilustración 1.3.95: Más legibilidad en el punto acotado representado por una cruz en un cruce de límite municipal y carretera.

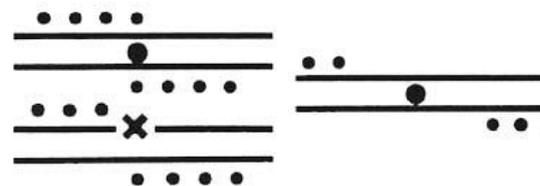


Ilustración 1.3.96: Punto acotado donde el límite municipal cruza una carretera. No hay claridad. El punto acotado es claramente visible, cuando el límite es interrumpido. El punto acotado representado por una cruz en una carretera simbolizada por una doble línea no es gráficamente estético.



Ilustración 1.3.97: Punto acotado simbolizado por una cruz claramente visible sobre el término municipal.



Ilustración 1.3.98: Punto acotado simbolizado por una cruz claramente visible sobre límite de distrito.



Ilustración 1.3.99: Punto acotado sobre límite provincial correcto, pero en el encuentro con el límite municipal, la cruz es más legible.

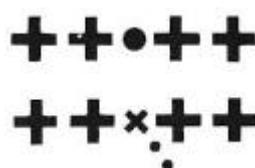


Ilustración 1.3.100: Punto acotado representado por una cruz en el límite de estado sólo correcto cuando se encuentre con límite municipal.

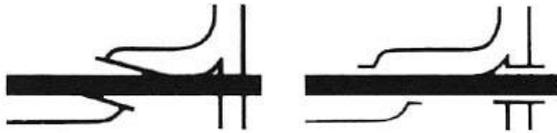


Ilustración 1.3.101: Carretera bajo ferrocarril de vía simple.



Ilustración 1.3.102: Carretera bajo ferrocarril de vía doble.

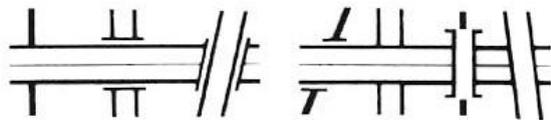


Ilustración 1.3.103: Cruce de carretera con calle elevada y calle de paso subterráneo.



Ilustración 1.3.104: La continuidad de las líneas de ferrocarril no deberá ser interrumpida.



Ilustración 1.3.105: Carretera junto a un ferrocarril de trazado angosto.



Ilustración 1.3.106: Carretera junto a ferrocarril de trazado normal.

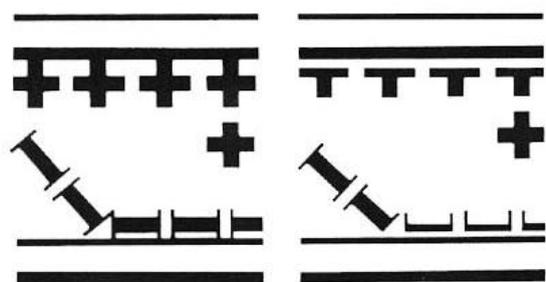


Ilustración 1.3.107: Los límites a lo largo de la carretera deberán ser representados por símbolos más finos.

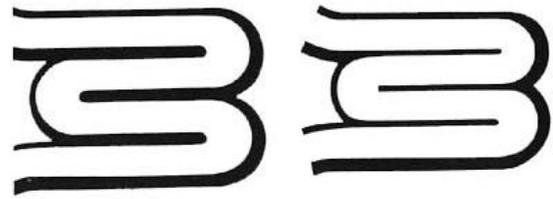


Ilustración 1.3.108: Representación de curvas angostas. El efecto cerrado es menos fuerte.

1.3.11. Distancia mínima entre objetos

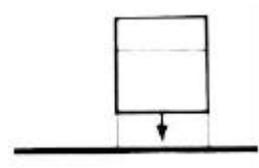


Ilustración 1.3.109: La separación deberá ser por lo menos 0.2 mm o la casa deberá ser desplazada hasta la carretera. Cuando se dibuja para reducir, la distancia mínima deberá ser adecuadamente grande.

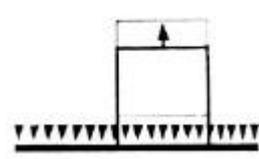


Ilustración 1.3.110: La topografía debe ser tenida en cuenta.



Ilustración 1.3.111: También dependen de la escala y el carácter de la representación los emplazamientos a lo largo de la carretera (A) y los ángulos (B).

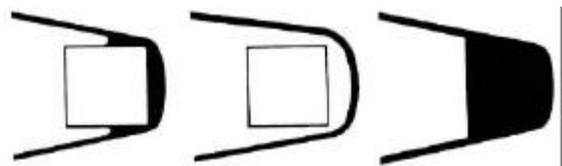


Ilustración 1.3.112: Los ángulos pequeños y espacios angostos se emplastan cuando se imprimen. Como solución, podemos desplazar el símbolo fuera de la carretera, o fusionarlos.

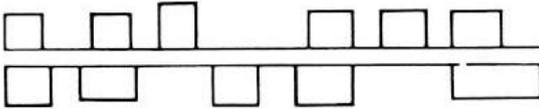


Ilustración 1.3.113: Esquema original.



Ilustración 1.3.114: No visible: Casas fusionadas con carreteras, dando una impresión errónea del esquema.



Ilustración 1.3.115: Demasiado espacio: Distancia entre hileras de casas demasiado grande.



Ilustración 1.3.116: Buena: El carácter del área edificada se mantiene.

1.3.12. Proporción blanco / negro

La proporción blanco / negro, especialmente en las áreas edificadas deberá ser mantenida en todas las escalas topográficas tanto como sea posible. Las ciudades de centro denso, plantas industriales, etc., deberán ser distinguidas de barrios con casas individualizadas. Plazas, parques y campos de deporte no deben ser eliminados debido a la falta de espacio. La tendencia resultante de incrementar el área negra, debe ser compensada por omisiones.



Ilustración 1.3.117: Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.118: Escala 1:20.000 ampliado de 1:100.000.

En las siguientes ilustraciones se muestra la diferenciación del tamaño de las casas y de las áreas interiores blancas.



Ilustración 1.3.119: Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.120:
Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.124:
Escala 1:100.000.



Ilustración 1.3.121:
Escala 1:100.000.

En los tres siguientes, se muestra el desplazamiento geométrico de las líneas de calles en los casos donde es requerida una reducción de hileras de casas.

1.3.13. Ejemplos de generalización práctica

En los siguientes tres ejemplos, se muestran el número decreciente de casas individuales e hileras de casas. Las relaciones entre ambas son mantenidas y la impresión general no deberá ser cambiada.



Ilustración 1.3.125:
Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.122:
Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.126:
Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.123:
Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.127:
Escala 1:100.000.

En las tres ilustraciones siguientes muestran un barrio en donde hay diferentes tipos de casas; el carácter y tamaño relativo de las casas, también deberá ser mantenido.



Ilustración 1.3.128:
Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.129:
Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.130:
Escala 1:100.000.

1.3.14. Generalización de líneas de cultivo

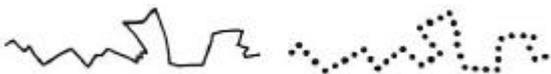


Ilustración 1.3.131: Simplificar cuando se usa línea de puntos.



Ilustración 1.3.132: Representar las zonas de cultivos muy pequeñas o angostas con símbolos individuales de árboles.

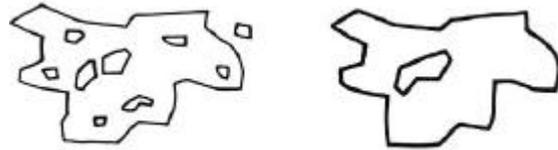


Ilustración 1.3.133: Eliminar y combinar las áreas pequeñas.



Ilustración 1.3.134: Inclusión de áreas menores dentro de las áreas más grandes.

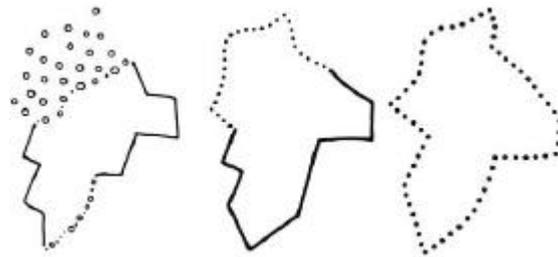


Ilustración 1.3.135: Separación de áreas densas de vegetación dispersas en concordancia con la escala. Los límites de cultivos definidos e indefinidos serán separados con menos detalle en escalas pequeñas, o eventualmente representado sólo por un tipo de vegetación dominante.

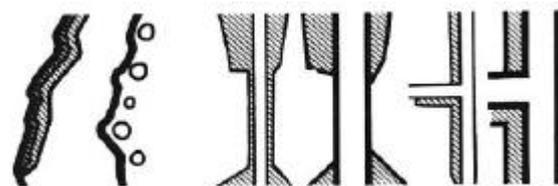


Ilustración 1.3.136: La vegetación en las barrancas o en fajas a lo largo de un curso de agua debe ser ensanchada o representada por símbolos individuales de árboles. Las fajas muy angostas a lo largo de carreteras o ferrocarriles deben omitirse o exagerarse a escalas más pequeñas.

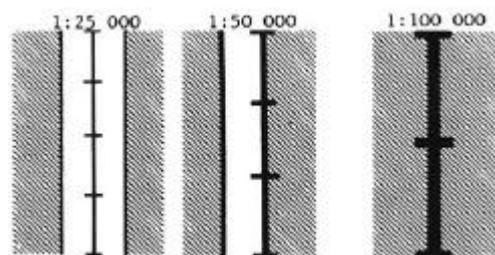


Ilustración 1.3.137: En concordancia con la escala, los cortafuegos muy angostos, deben representarse por inferencia u omitidos del todo.

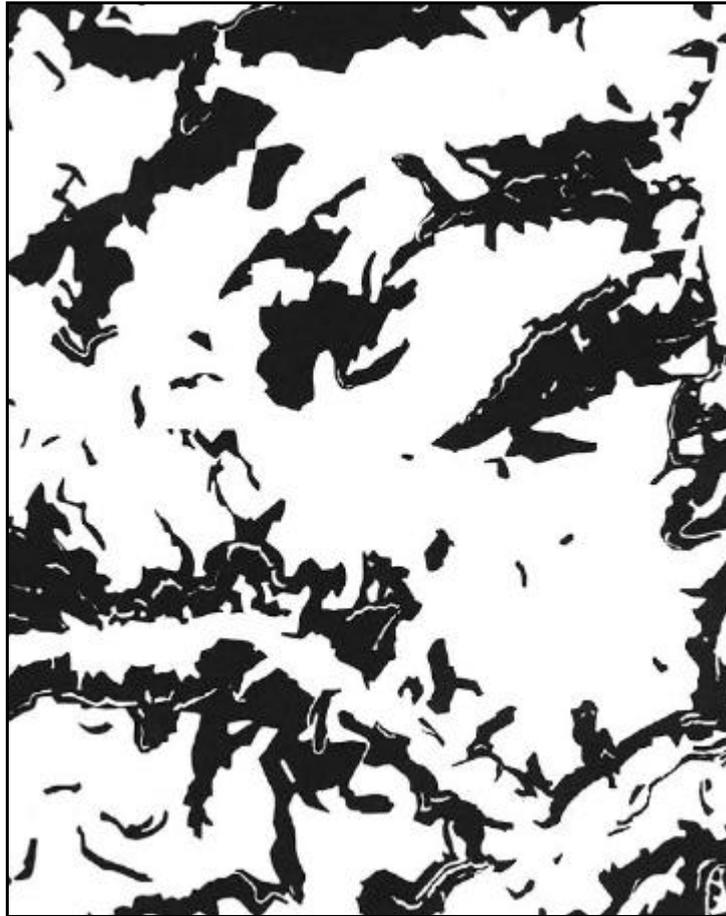


Ilustración 1.3.138: Ejemplo de generalización de límites de zonas de cultivos. Escala 1:25.000.



Ilustración 1.3.139: Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.140: Escala 1:100.000.



Ilustración 1.3.141: Escala 1:200.000.

En los siguientes ejemplos, se muestra la generalización de límites de cultivos en terreno muy escarpado, la representación de áreas por símbolos individuales de árboles y puntos y la separación de vegetación alta y baja.

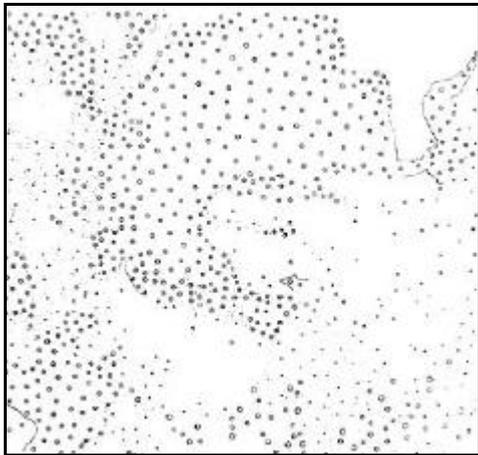


Ilustración 1.3.142: Escala 1:25.000.

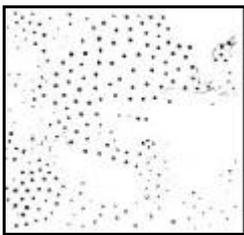


Ilustración 1.3.143:
Escala 1:50.000.

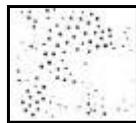


Ilustración 1.3.144:
Escala 1:100.000.

A continuación se muestra, primero, la reducción de un mapa de vegetación de escala 1:100.000 a 1:200.000. Segundo, el mapa generalizado a escala 1:200.000.



Ilustración 1.3.145: Reducción del 1:100.000 al 1:200.000.

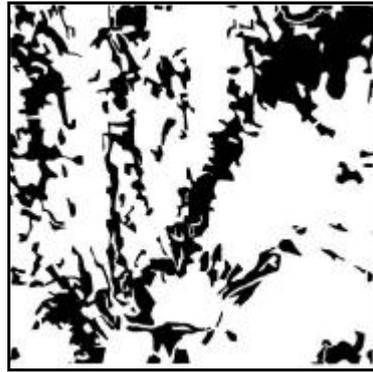


Ilustración 1.3.146: Mapa generalizado a 1:200.000 a partir del 1:100.000.

1.3.15. Afloramientos rocosos

El grado de generalización tiene que estar en concordancia con la escala. A pequeñas escalas puede ser válido dibujar el esquema con líneas, más en las pendientes iluminadas.

A continuación se muestran dos ejemplos de generalización de afloramientos rocosos, donde se generaliza desde una escala 1:25.000 a una escala 1:200.000.



Ilustración 1.3.147: Escala 1:25.000

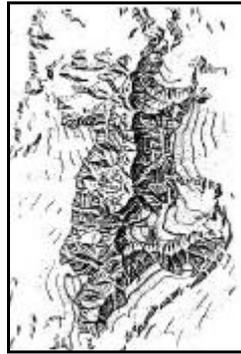
Ilustración 1.3.148:
Escala 1:50.000.Ilustración 1.3.149:
Escala 1:100.000
ampliada a 1:50.000.Ilustración 1.3.150:
Escala 1:200.000
ampliada a 1:50.000.

Ilustración 1.3.151: Escala 1:25.000.

Ilustración 1.3.152:
Escala 1:50.000.Ilustración 1.3.153:
Escala 1:100.000.Ilustración 1.3.154: Escala
1:200.000 ampliada a 1:100.000.

1.3.16. Generalización de la toponimia

La toponimia ayuda a orientarse en el mapa. Las condiciones bajo las cuales es leída la toponimia son aproximadamente las mismas para todos los mapas topográficos y requiere para la letra una altura mínima aproximada de 1.2 mm. La apariencia general de la toponimia en el mapa es como un velo que recubre el resto de elementos del mapa. La toponimia deberá ser ubicada de tal modo que su atribución sea inequívoca y que el resto de elementos del mapa sean perturbados lo menos posible. Donde la línea y el área del elemento sean interrumpidas, el ojo deberá ser capaz de completar lógicamente las partes ausentes.

La apariencia general de la toponimia en el mapa no deberá dominar en las escalas pequeñas. Para este propósito, en primer lugar se tienen que elegir de entre las varias posibilidades de tipos apropiados de toponimia. En cuanto a las razones gráficas y conceptuales, es necesaria una selección limitada de todos los nombres. Desde el punto de vista gráfico, la toponimia de objetos que tienen forma de punto no es posible, haciendo esto, el resto del mapa es demasiado perturbado. Solamente los objetos lineales suficientemente importantes y los objetos representados en general, en concordancia con el cambio de carácter del mapa, que a escalas decrecientes, se vuelve más y más un mapa de cubrimiento general de grandes área.

Esto es una tarea para un editor experimentado para realizar la transformación tanto conceptual como gráfica de la toponimia del mapa original en forma de una guía de nombres para escalas más pequeñas. El editor decide con referencia a todas las reglas válidas para la representación gráfica, qué nombres tienen que ser eliminados, abreviados, combinados, enfatizados o aún agregados.

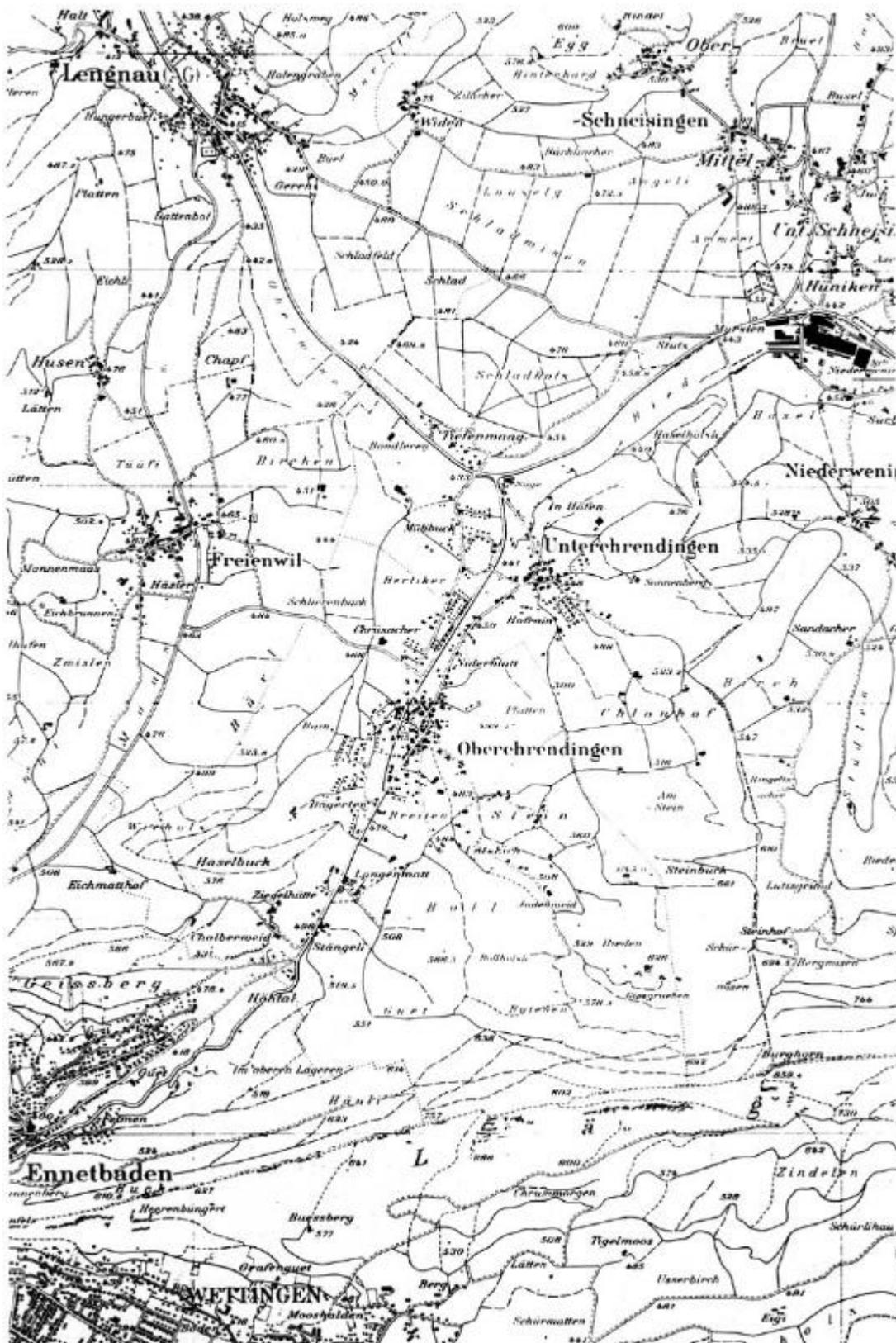


Ilustración 1.3.155: Escala 1:25.000.

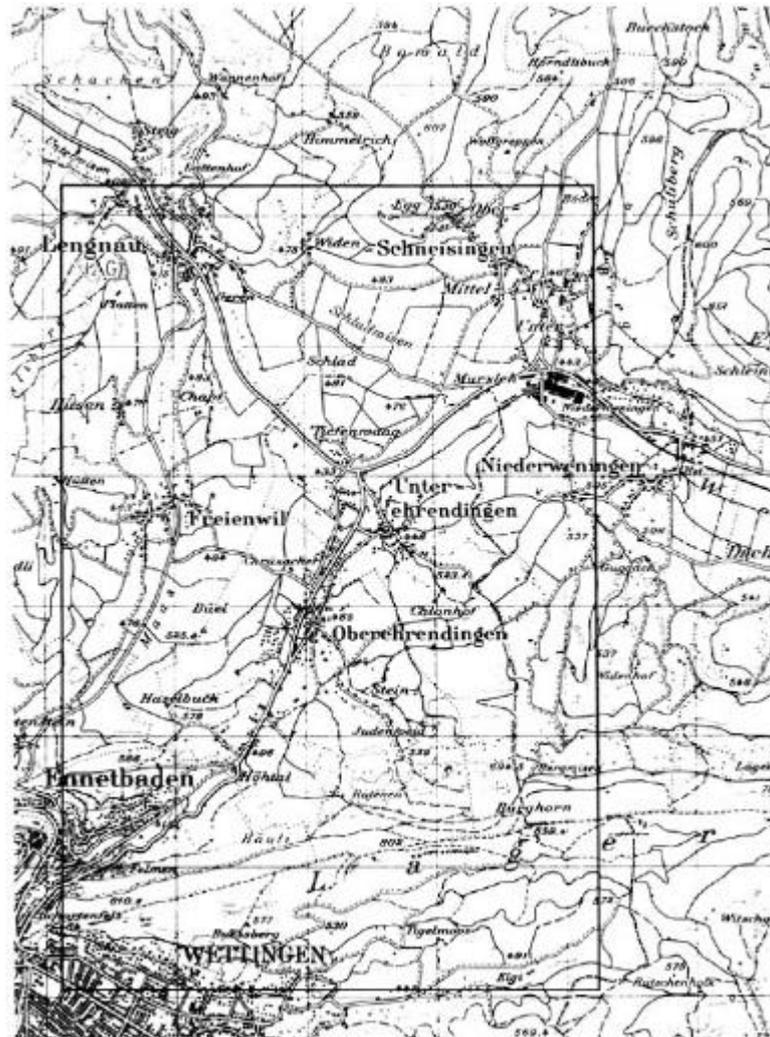


Ilustración 1.3.156: Escala 1:50.000.



Ilustración 1.3.157: Escala 1:100.000.



Ilustración 1.3.158: Escala 1:200.000.



2. Notas traducidas del libro "Cartographie Generale" de R. Cuenin

2.1. Generalización

La generalización cartográfica responde a los procesos complejos e independientes de selección (clasificación), esquematización (simplificación) y armonización de los elementos del mapa, en función de los factores siguientes: propósito y tema de la representación, escala, caracteres geográficos regional, nivel de lectura, reglas de visibilidad y valor y precisión de los datos.

Un cierto número de cartógrafos parten del principio de que la generalización es un acto de creación que se hace apelando al buen sentido, al razonamiento y a la experiencia y que no puede ser codificada o reglamentada de forma precisa.

Hasta tanto los fundamentos científicos de la generalización no estén bien determinados, la codificación no será posible. No obstante, por un estudio crítico de los mapas existentes y por un análisis objetivo de factores de generalización consagrados por la tradición y la experiencia pueden resultar las directrices para una formulación matemática de reglas de generalización.

2.2. Reglas de selección

Cada mapa es una representación del espacio mediante grafismos que deben ser visibles; esto tiene como consecuencia que el dibujo ocupa un espacio proporcionalmente igual o mayor que en la realidad.

El problema se plantea de la siguiente forma: teniendo en cuenta la escala y la naturaleza del dibujo, ¿cuáles son los objetos que deben ser conservados y cuáles eliminados?

El primer criterio que debemos aplicar es a la vez cuantitativo y cualitativo; tener muy en cuenta el objetivo de concepción del mapa y podremos conocer los detalles que por su importancia o naturaleza deben figurar. La elección, por las categorías de los objetos, es facultativa y la tendencia general es la de disponer de toda la superficie del papel, es decir, poner todos los detalles posibles, manteniendo los objetos raros y suprimiendo muchos de los más numerosos, dando lugar a la uniformidad de la imagen cartografiada que puede desnaturalizar el carácter regional y reducir los contrastes que aparecen en la naturaleza o sobre los mapas base.

Es difícil escapar a esta tendencia si no nos atenemos estrictamente a reglas que fijen el número de objetos que deben desaparecer en cada cambio de escala.

Designamos por N_i el número de objetos que figuran en la carta inicial a la escala $1/M_i$ y N_f y $1/M_f$ a los del mapa final o derivado. Supongamos también que $M_f > M_i$, las posibles relaciones entre N_i y N_f están entre estos dos extremos.

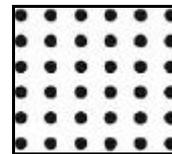


Ilustración 2.2.1: Esquema original

Si el mapa derivado es una simple reducción del mapa inicial todos los objetos se conservan:

[1]

$$N_f = N_i$$



Ilustración 2.2.2: 1 de 1

Es decir, la ausencia total de selección; este caso se da solamente en los mapas a muy grandes escalas con una representación homométrica y una superficie de papel ampliamente suficiente.



El otro extremo se produce cuando la densidad de los objetos es idéntica en ambos mapas, el N_f es proporcional a la relación de superficie del papel y, por tanto, inversamente proporcional al cuadrado de la relación de los denominadores de las escalas:

[5]
$$N_f \propto N_i \left(\frac{M_i}{M_f} \right)^2$$
 

Ilustración 2.2.3: 1 de 4

Esta segunda regla es una característica de las cartas generales hasta la escala 1/1.000.000.

Las relaciones intermedias son las siguientes:

[2]
$$N_f \propto N_i \left(\frac{M_i}{M_f} \right)^{1/2}$$
 

Ilustración 2.2.4: 2 de 3

[3]
$$N_f \propto N_i \left(\frac{M_i}{M_f} \right)$$
 

Ilustración 2.2.5: 2 de 4

[4]
$$N_f \propto N_i \left(\frac{M_i}{M_f} \right)^{3/2}$$
 

Ilustración 2.2.6: 3 de 4

Podemos resumir todas las expresiones en una tabla, en donde se representen porcentajes, relaciones unitarias y escalas para las que se recomiendan.

Tabla 2.2.1

Expresión utilizada	1	2	3	4	5
Detalles conservados	100%	67%	50%	33%	25%
	1 de 1	2 de 3	1 de 2	1 de 3	1 de 4
Escalas		25-50	50-100	100-1M	>1M

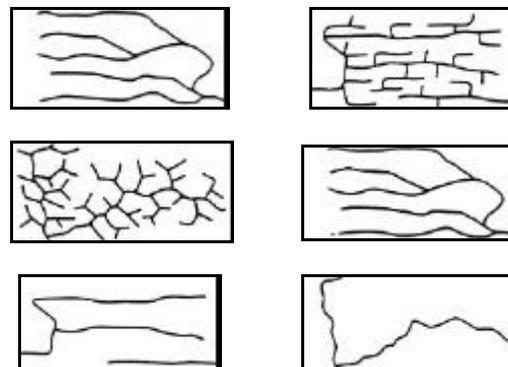
Por otra parte, los signos convencionales que se aplican para los elementos puntuales, lineales y superficiales tienen una dimensión que corresponde a la real de los objetos solamente a una escala dada, variable según su naturaleza, y pueden sufrir una ampliación, igualmente diferente según su tipología. Para tener en cuenta estas características se corrige la expresión anterior con dos factores: uno C_b de ampliación simbólica y el otro C_z de forma simbólica dando lugar a la ley de la raíz de F. Topfer.

$$N_f \propto N_i \cdot C_b \cdot C_z \left(\frac{M_i}{M_f} \right)$$

La relación anterior determina el número de objetos a mantener sobre el mapa derivado permitiendo al preparador la iniciativa de conservar uno u otro; pero asegura la homogeneidad de la elección de cantidad en todas las hojas de una misma serie y reduce la influencia de la interpretación individual.

2.2.1. Elementos lineales

El caso de signos lineales de espesor prácticamente constante es donde la codificación parece más fácil; la elección se hace habitualmente con criterios de longitud, guardando la coherencia en la selección de los caminos con la de las construcciones, la de la red hidrográfica con la esquematización del relieve.



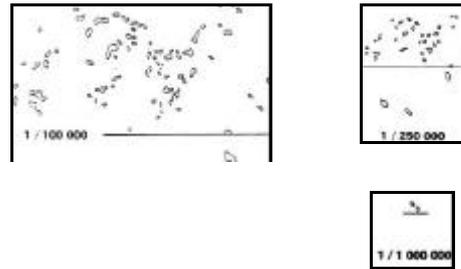
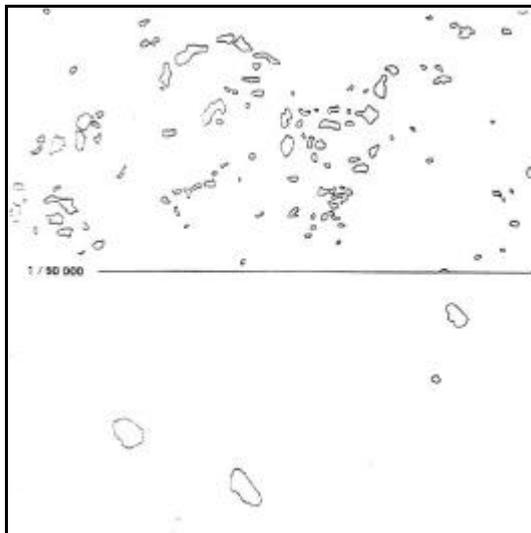
El criterio de la longitud no aporta una solución satisfactoria porque, si se aplica

sistemáticamente, puede destruir el aspecto geográfico y eliminar, por ejemplo, todos los cursos de agua de pequeña longitud en donde el número y el trazado son significativos y constituyen un carácter morfológico importante que evidencia datos para poder hacer inferencias de interés.

Los elementos lineales pueden ser conservados en virtud de su longitud y de algún otro factor geográfico.

2.2.2. Elementos superficiales

La selección de detalles superficiales es teóricamente nula ya que: islas, lagos, bosques o núcleos urbanos no se pueden representar con signos convencionales y deben conservar su dimensión real a escala. La generalización se limita a una simple reducción suprimiendo, mecánicamente, algunos cuando sus dimensiones sean inferiores a un cierto valor. Podemos considerar que un cuadrado de 0.5 mm de lado es el mínimo visible, este valor define el techo para la dimensión de un grafismo de cualquier forma y color.



Al aplicar este criterio de escala, puede suceder que el número de elementos finales no concuerde con una adecuada representación de la estructura morfológica por lo que deberá cambiarse el sistema. Una posible solución es realizar agrupamientos que permitan una mejor representación a escala y no desvirtúe el tipo de fenómeno.

2.3. Reglas de esquematización

La esquematización se traduce en dos aspectos distintos, la esquematización conceptual y la estructural.

La esquematización conceptual resulta de un cambio en el nivel de observación; la reducción del número de categorías de los objetos representados se traduce en el abandono de las clases inferiores. La necesidad de desplazar, de su posición exacta, ciertos elementos es la otra consecuencia de la esquematización conceptual.

La segunda consiste en una simplificación voluntaria de las formas de los elementos lineales y de los contornos de los superficiales. El resultado es, de una parte, la disminución de sinuosidades y ángulos cuya amplitud sea pequeña y de otra la atenuación de las perturbaciones que en dibujo se producen por el hecho de utilizar ciertos signos convencionales; por ejemplo, el uso de trazados paralelos para algunos símbolos, carreteras en particular, atenúa la amplitud aparente de la curvatura del trazado.



Estas líneas se materializan en el mapa por dos trazos simples de longitud finita, dos signos convencionales lineales que corresponden, de hecho, a una cierta zona de terreno cuyo ancho es igual o superior al detalle considerado. En una representación no generalizada, simple reducción de escala, la línea media de esta zona de terreno vendrá a superponerse sobre el dibujo a gran escala de la línea considerada; las pequeñas sinuosidades, las irregularidades y las entalladuras contenidas en el interior de la zona serán reproducidas por sus bordes en un aspecto irregular que será perceptible a pequeña escala y que se podría interpretar como una irregularidad en el trazado debida a la mala calidad del dibujo. Las entalladuras más importantes, los trazados complicados y los contornos provocan superposiciones de una misma zona o de zonas diferentes pero contiguas que se traducen en el mapa a pequeña escala en condensaciones (uniones) o yuxtaposiciones del trazo sin significación aparente.

Si el objeto geográfico considerado representa fenómenos esenciales para la zona que se dibuja, la esquematización se traduce en una ampliación y exageración de estos accidentes, combinada necesariamente con la supresión de detalles de menor importancia. Se están usando las mismas ideas que para la realización de una caricatura, podríamos llamarlo caricatura cartográfica.

La esquematización (simplificación) comporta, en este caso, la supresión de sinuosidades y de ángulos de poca amplitud y la ampliación de aquellas que sean significativas a tenor de la escala y en función de su importancia relativa, es, en realidad, un problema de análisis de formas.

La alternativa entre la supresión y la exageración depende esencialmente del propósito del mapa: el codo de un río que carecería de importancia en un mapa general puede tener que dibujarse exagerado en un mapa morfológico con

un accidente estructural o, por ejemplo, con una captura.

La esquematización estructural afecta en realidad a todas las escalas sin excepción incluido a muy grandes escalas, el punto, la línea dibujada por el lápiz del topógrafo cubre una cierta zona más grande que el detalle real, curvas de nivel, límites de cultivo o la ribera de un riachuelo. En un levantamiento fotogramétrico, la identificación de una línea natural está limitada a una zona de incertidumbre cuya anchura depende del grano de la emulsión, del poder de resolución y del apartado óptico.

La esquematización de líneas interdependientes, como las curvas de nivel, precisan de estudios más detallados para no modificar la inferencia que pueden permitirnos.

Se debe prestar especial atención a las intersecciones de detalles lineales; cruces, bifurcaciones, confluencias de cursos de agua, etc. El respeto escrupuloso de los ejes de los elementos puede desfigurar el aspecto de la intersección dando una idea errónea de la disposición relativa de las líneas. Es preferible traducir sin ambigüedad la disposición original aunque sea preciso desplazar las líneas secundarias.

Es necesario, en este momento, reafirmar el carácter simbólico y convencional del mapa manifestando la dificultad de mantener un compromiso entre la precisión, la posición relativa de los objetos y la legibilidad.

Los elementos superficiales que más se escapan a una esquematización normalizada y solicitan una interpretación son los núcleos de población.

Es lógico aceptar una generalización conceptual y tratar globalmente las zonas edificadas por medio de estructuras superficiales convencionales. La distribución entre zonas corresponde a un criterio cuantitativo: densidad de edificación (superficie edificada sobre superficie total).



Se debe, además, respetar aspectos de interés cultural o urbano como: plazas, iglesias, hospitales, cuarteles, monumentos, etc., que dan carácter particular a determinadas zonas.

2.4. Reglas de armonización

A medida que disminuye la escala y crecen las convenciones se corre el riesgo, consciente o no, de romper el equilibrio natural a favor de ciertas categorías de detalles y en detrimento de otras.

Además, la adopción de símbolos y signos convencionales amplía las dimensiones aparentes de los objetos en proporciones variables.

La generalización produce una igualdad aparente de los fenómenos de dimensiones reales muy diferentes, igualdad que falsea la apreciación visual y las relaciones de superficies.

La armonización consiste en conservar la exactitud posicional de ciertos objetos, juiciosamente elegidos, y en el mantenimiento de las relaciones de proporcionalidad entre los diversos elementos contenidos en la carta, seleccionando y esquematizando en un grado comparable de tal manera que se mantenga la concordancia geográfica y la coherencia de la representación. Para conseguirlo se deben conservar en la medida de lo posible, un cierto número de relaciones geométricas tales como: paralelismos, tangencias, e intersecciones de líneas singulares, igualdad o desigualdad de distancias y superficies.

Hasta ahora se han considerado los diferentes detalles del mapa como elementos aislados e independientes que se someten a las reglas de la generalización. En realidad todos los elementos gráficos del mapa son dependientes los unos de los otros, su selección y esquematización deben ser equilibradas y coherentes de manera que se conserven las proporciones de relación aunque ciertos detalles

privilegiados conserven su posición y otros deban ser desplazados.

Este desplazamiento, consecuencia inevitable de la utilización de signos convencionales y de la esquematización, no solamente afecta a los signos contiguos sino que en las zonas planimétricamente densas afecta también a elementos situados a una cierta distancia.

La coherencia obliga a adoptar una jerarquía de los elementos en función de su naturaleza. Los elementos que deben mantenerse en su posición son: las líneas estructurales, red hidrográfica, y las divisorias, ya que son líneas que deben conservarse en las diferentes disminuciones de escala y tienen influencia en la representación de las curvas de nivel, en la de las vías de comunicación y en la morfología general del terreno; los siguientes objetos importantes son núcleos de población, las vías de comunicación, los ferrocarriles y las carreteras en orden a su clasificación, después vienen las construcciones en una posición subordinada a ellas; los límites de vegetación y cultivos y los administrativos, definidos en general por alguno de los detalles precedentes.

En resumen, la armonización reside en la coherencia de la representación de todos los elementos del mapa y en el equilibrio de la representación entre los diferentes fenómenos a fin de mantener el carácter geográfico local y evitar la uniformidad. Si la selección y la armonización están bien hechas estas condiciones serán respetadas, en caso contrario, se obtendrá un mapa estandarizado y sin carácter.

3. Algoritmos de generalización

de

- De procesamiento local no condicionado.
- Globales.

3.1. Introducción

Los algoritmos de generalización de cartografía basada en elementos vectoriales se pueden clasificar en puntuales, lineales, superficiales y volumétricos.

Los algoritmos que operan sobre entidades puntuales incluyen la eliminación, añadido y desplazamiento de puntos.

Los algoritmos de generalización que operan sobre entidades lineales incluyen: suavizado, simplificación, desplazamiento, combinación, realzado y eliminación.

Los algoritmos que actúan sobre entidades superficiales son la eliminación, unión, división y desplazamiento, mientras que los que actúan sobre entidades volumétricas son el suavizado, realzado y simplificación.

Sin embargo, el 80 por ciento de las entidades que forman parte de cartografías vectoriales son lineales, por lo que a continuación se tratan los algoritmos que modifican estas entidades.

3.2. Algoritmos de generalización de entidades lineales

3.2.1. Simplificación

Se puede establecer una clasificación de los algoritmos existentes:

- De puntos independientes.
- De procesamiento local.
- De procesamiento local condicionado.

Los algoritmos basados en puntos independientes no tienen en cuenta las relaciones de vecindad entre los puntos, siendo la selección de los puntos aleatoria.

Los algoritmos basados en procesamiento local utilizan las relaciones de vecindad inmediata de los puntos para seleccionarlos. Entre estos algoritmos está el desarrollado por McMaster en 1987 que relaciona distancias y ángulos.

En el siguiente ejemplo, se muestra la simplificación de una línea basada en relaciones locales de distancia:

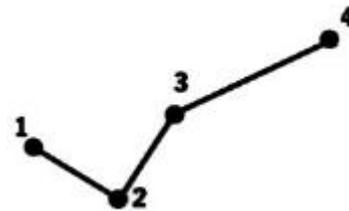


Ilustración 3.2.1: Línea original.

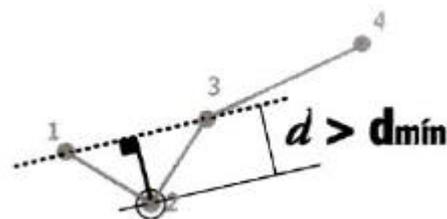


Ilustración 3.2.2: Se compara la distancia de un punto a la línea que une sus vecinos. Si es mayor que un umbral predefinido este punto permanecerá en la línea final.

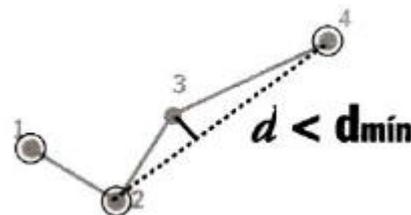


Ilustración 3.2.3: Si la distancia es menor que ese umbral, el punto es eliminado.

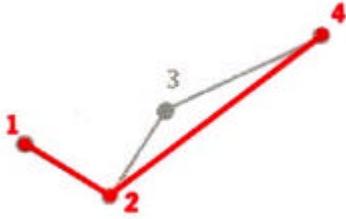


Ilustración 3.2.4: Línea resultado.

En el siguiente ejemplo, se muestra la simplificación de una línea por relaciones locales de ángulo:

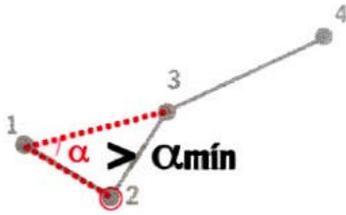


Ilustración 3.2.5: Partiendo de la Ilustración 3.2.1, se compara el ángulo entre las líneas que une un punto con los dos siguientes con un ángulo umbral predefinido. Si es mayor, el punto intermedio (el punto 2) permanecerá en la línea final.

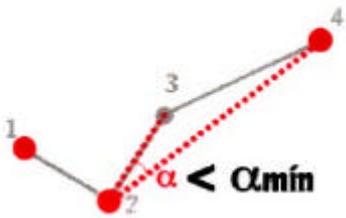


Ilustración 3.2.6: Si el ángulo es menor que el umbral, el punto intermedio es eliminado, llegando al mismo resultado que la Ilustración 3.2.4.

Los operadores basados en procesamientos locales condicionados se extienden más allá de relaciones de vecindad inmediatas, dependiendo de criterios de distancia o ángulos y del número de puntos. Entre los algoritmos de este tipo más famosos está el algoritmo de Lang (1969). Este algoritmo necesita de un umbral de distancia (o ángulo) y un número de puntos n , dentro de los cuáles establece las mismas relaciones locales que en el algoritmo de McMaster, es decir, no sólo se limita al siguiente punto vecino, sino a los n vecinos siguientes. Este algoritmo es muy similar al de Douglas-Peucker, que se explica a continuación.

Los operadores basados en procesamientos locales no condicionados se extienden, igualmente, más allá de relaciones de vecindad inmediatas, dependiendo de la complejidad geomorfológica de la línea. Entre los algoritmos de este tipo más famosos está el algoritmo de Reumann-Witkam o ancho de banda (1974).

Los operadores globales consideran la línea completa o segmentos de ella durante el proceso, seleccionando aquellos puntos críticos. Entre los algoritmos de este tipo se encuentra el algoritmo de Douglas-Peucker.

Este algoritmo fue ideado en Canadá en 1973 y es el más utilizado para la eliminación de puntos en entidades lineales en el momento de la simplificación.

Permite especificar un umbral que controle el aumento de simplificación. La forma de actuación es uniendo los puntos extremos de una entidad lineal y calculando las distancias perpendiculares desde el resto de puntos de la entidad a dicha línea.

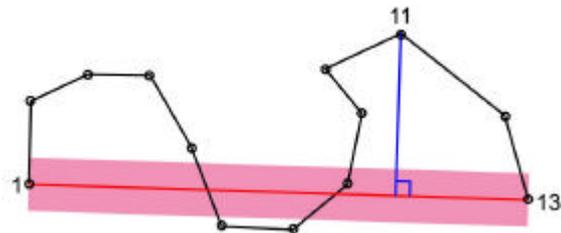


Ilustración 3.2.7: Unión de los extremos y cálculo de las distancias. La banda representa el umbral a un lado y otro de la línea que une los extremos.

Si alguna de las distancias calculadas supera el umbral impuesto, se procede a subdividir la entidad por aquel punto que posea la distancia mayor.

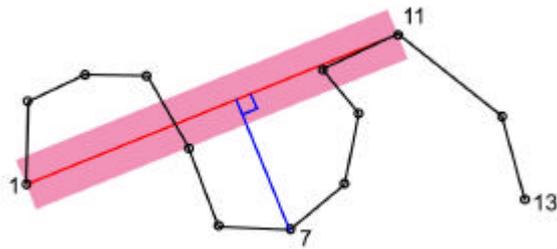


Ilustración 3.2.8: Se subdivide la entidad por el punto 11, y se calculan las distancias.

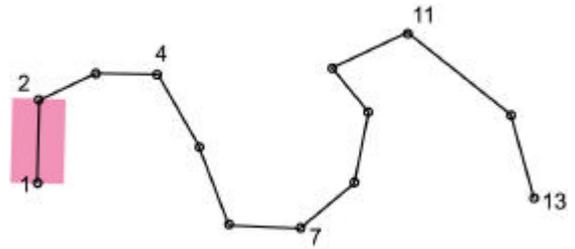


Ilustración 3.2.11: El algoritmo se detiene porque este segmento sólo tiene 2 puntos.

Se procede de la misma manera con las dos subdivisiones generadas, calculando otra vez las distancias a la línea que une el primer punto con el punto por donde se realizó la subdivisión.

Si en alguna subdivisión, ninguna de las distancias calculadas a la línea que une los extremos, superara el umbral establecido, se eliminarían todos los puntos entre dichos extremos.

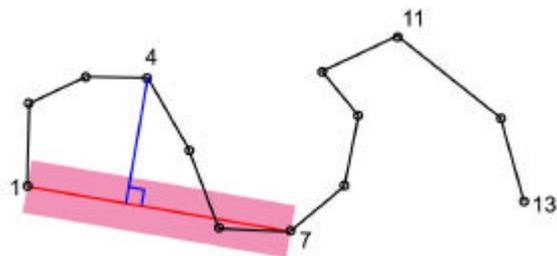


Ilustración 3.2.9: Se vuelve a subdividir por el punto 4, debido a que su distancia es la mayor.

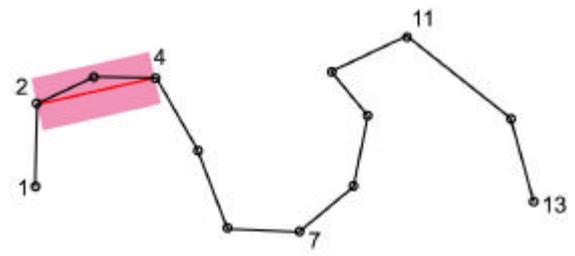


Ilustración 3.2.12: Se procede con la siguiente subdivisión. En este caso, la distancia del punto intermedio al segmento no es mayor que la banda, por lo que se procede a su eliminación.



Ilustración 3.2.10: La distancia desde el punto 2 a la línea que une el primer punto y el punto 4 sigue superando el umbral por lo que se vuelve a subdividir por este punto.

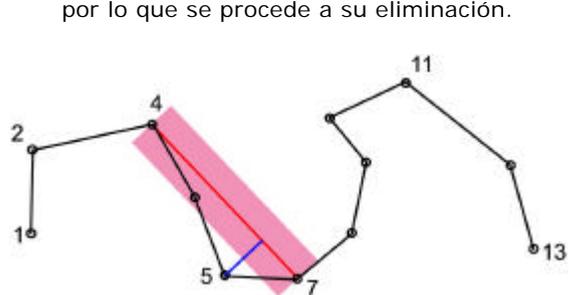


Ilustración 3.2.13: Se continúa con la siguiente subdivisión.

El proceso continúa subdividiendo la entidad y calculando las distancias, hasta que uno de los segmentos esté compuesto simplemente por dos puntos. En tal caso se pasaría a analizar la siguiente subdivisión.

A continuación, se muestran todos los pasos seguidos hasta la generalización total de la línea.

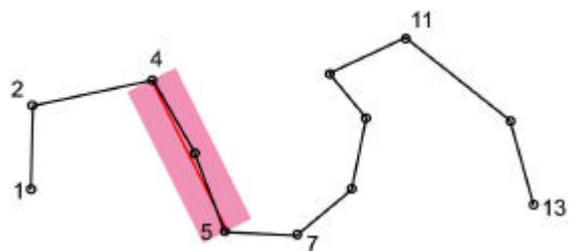


Ilustración 3.2.14

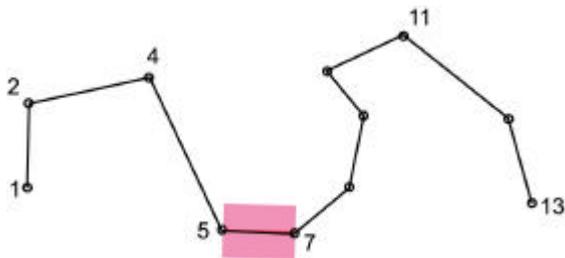


Ilustración 3.2.15

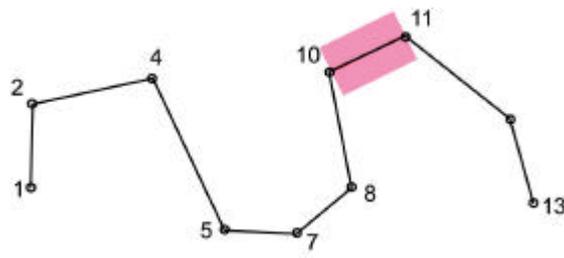


Ilustración 3.2.20

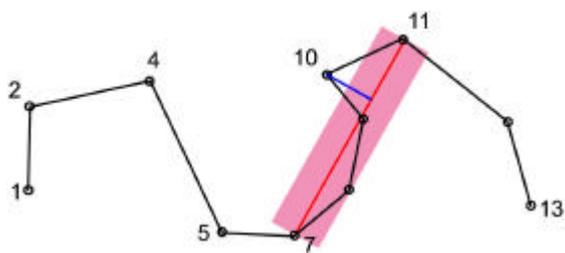


Ilustración 3.2.16

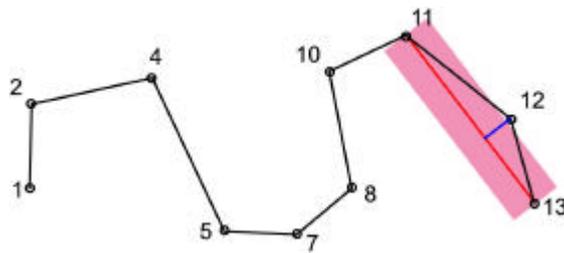


Ilustración 3.2.21

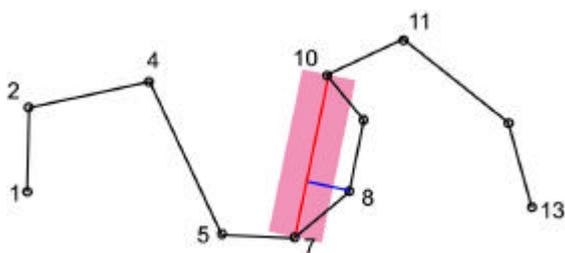


Ilustración 3.2.17

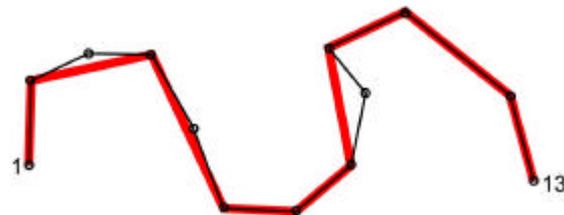


Ilustración 3.2.22: Resultado final de la línea generalizada, en la cuál se han eliminado los puntos 3, 6 y 9, por no ser significativos de la línea a una determinada escala.

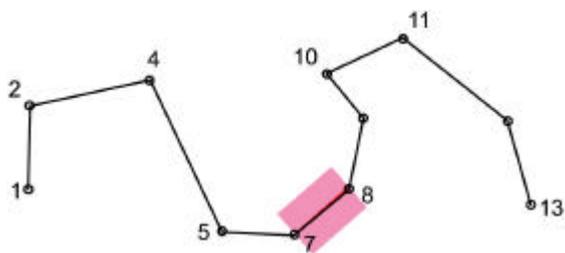


Ilustración 3.2.18

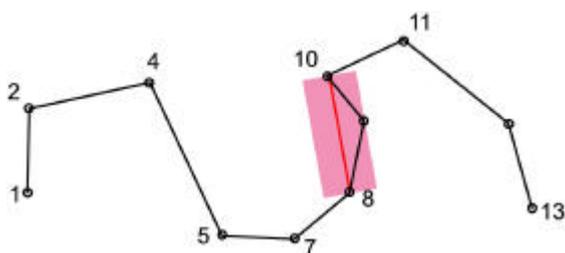


Ilustración 3.2.19

3.2.2. Suavizado

Los algoritmos de suavizado se basan en la modificación de una línea calculando nuevos puntos en base a un trazado demasiado anguloso de la línea. Estos operadores producen una línea mejorada, más estética.

La clasificación de algoritmos ofrecida por McMaster en función de las técnicas utilizadas para suavizar es:

- Medias ponderadas: Son algoritmos que calculan puntos nuevos ponderando entre un conjunto de puntos vecinos.
- Filtros ϵ .
- Aproximaciones matemáticas: Se calculan polinomios, que se ajustan

al trazado actual de la línea, para el cálculo de nuevos puntos. Estas técnicas son utilizadas por *splines cúbicas*, *b-splines* y las *curvas de Bèzier*.

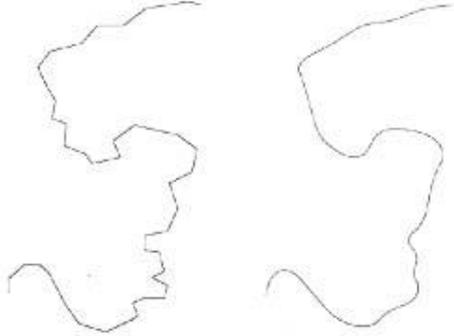


Ilustración 3.2.23: A la izquierda la línea original y a la derecha la línea suavizada.

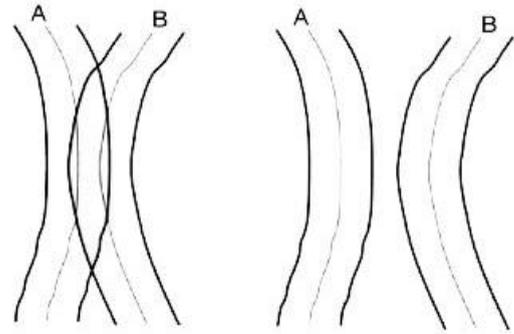


Ilustración 3.2.24: A la izquierda dos entidades que no se cruzaban originalmente pero que al ampliarlas en la generalización se cruzan. A la derecha las entidades desplazadas.

3.2.3. *Combinación de entidades*

Este operador fusiona dos entidades en una sola, como pueden ser los lados de un río o los ejes de una autopista.

Este operador cambia la geometría de las entidades, desde una entidad que es superficial a una línea simple. Además, deberá preceder a la aplicación de algoritmos de suavizado o generalizado.

3.2.4. *Desplazamiento*

Los algoritmos de cálculo automático de los desplazamientos de las entidades son de gran complejidad. Dependen de una jerarquía o libertad de movimientos de las entidades, de tal forma, que será preferible mover el trazado de una carretera a cambiar la posición de un vértice geodésico.